

Títol assignatura: 27404 Filtres Analògics i Digitals

Curs: 2007-2008

Tipus : Obligatòria

Crèdits: 9 (6 teòrics + 1,5 problemes + 1,5 pràctiques)

Tipus de docència: Semi-presencial

Professorat

Teoria:	Professor: Gabriel Abadal Berini (gabriel.abadal@uab.es) Despatx: QC-3031 Horari de Tutories: Dilluns 12h-14h
	Professor: Jordi Sacristan Riquelme (jordi.sacristan@cnm.es) Despatx: CNM Horari de Tutories: Dilluns 18h-20h
Problemes	Professor: Ignasi Gil Galí (nacho.gil@uab.es) Despatx: QC-3055 Horari de Tutories: Divendres 17h-19h
Pràctiques	Professor: Jordi Sacristan Riquelme (jordi.sacristan@cnm.es) Despatx: CNM

OBJECTIUS FORMATIUS GENERALS

Descriptor BOE: *Classificació i mètodes d'aproximació. Sensibilitat. Filtres actius continus en el temps. Filtres actius de capacitat commutada. Filtres digitals.*

L'objectiu fonamental de l'assignatura es proporcionar a l'alumne els fonaments teòrics i els mètodes bàsics per dur a terme el disseny de filtres electrònics. En concret, l'assignatura analitza les característiques generals dels filtres, les aproximacions analítiques clàssiques i les arquitectures circuitals i els mètodes associats que permeten la implementació d'aquests filtres, tant en el domini analògic com en el digital.

RECOMANACIONS SOBRE CONEIXEMENTS PREVIS

No existeix cap prerequisit previ.

TEMARI

Capítol 1 : Conceptes bàsics (1 setmana: 4hT + 1hPP)

- 1.1 Concepte de filtre
- 1.2 Tipus de senyals i de filtres
- 1.3 Filtres LTI: domini freqüencial
 - 1.3.1 Introducció
 - 1.3.2 Zeros i pols de $H(s)$
 - 1.3.3 Estabilitat
 - 1.3.4 Resposta freqüencial
 - 1.3.5 Propietats de la resposta freqüencial
 - 1.3.6 Sistemes de fase mínima
 - 1.3.7 Determinació de $H(s)$ amb una magnitud determinada
 - 1.3.8 Determinació de $H(s)$ amb una fase determinada
- 1.4 Filtres LTI: domini temporal
- 1.5 Tipus de filtres
 - 1.5.1 Especificacions de magnitud
 - 1.5.1.1 Filtre passa-baix
 - 1.5.1.2 Filtre passa-alt
 - 1.5.1.3 Filtre passa-banda
 - 1.5.1.4 Filtre elimina-banda
 - 1.5.2 Especificacions de fase
 - 1.5.3 Funció de transferència

Capítol 2 : Filtres de 1r ordre (1.5 setmanes: 6hT + 1hPP)

- 2.1 Funció de transferència
- 2.2 Filtre passa-baix
- 2.3 Filtre passa-alt
- 2.4 filtre passa-tot (equalitzador)
- 2.5 Implementació passiva
- 2.6 Implementació activa
 - 2.6.1 L'amplificador operacional (A.O.)
 - 2.6.2 Blocs bàsics amb A.O.
 - 2.6.3 Filtres de 1r ordre amb A.O.
 - 2.6.4 Influència d' $A(s)$
 - 2.6.5 L'amplificador de transconductància (OTA)
 - 2.6.6 Blocs bàsics amb OTA
 - 2.6.6.1 Amplificador de tensió
 - 2.6.6.2 Simulació d'una resistència
 - 2.6.6.3 Simulació d'una resistència flotant
 - 2.6.6.4 Muntatge sumador-restador
 - 2.6.7 Filtres de 1r ordre OTA-RC
 - 2.6.8 Filtres de 1r ordre OTA-C

Capítol 3 : Filtres de 2n ordre (2 setmanes: 8hT + 2hPP)

- 3.1 Funció de transferència
- 3.2 Filtre passa-baix
- 3.3 Filtre passa-alt
- 3.4 Filtre passa-banda
- 3.5 Filtre elimina-banda
 - 3.5.1 Filtre elimina-banda simètric
 - 3.5.2 Filtre elimina-banda passa-baix
 - 3.5.3 Filtre elimina-banda passa-alt

- 3.6 Filtre passa-tot (equalitzador)
- 3.7 Implementació passiva
 - 3.7.1 Circuits ressonants
 - 3.7.2 Filtres RLC de 2n ordre
 - 3.7.3 Filtres RC de 2n ordre
- 3.8 Sensibilitat passiva
- 3.9 Implementació activa amb A.O.
 - 3.9.1 Biquads amb un sol A.O.
 - 3.9.1.1 Biquads Sallen-Key
 - 3.9.1.2 Biquads Delyiannis-Friend
 - 3.9.2 Biquads per simulació d'una autoinducció
 - 3.9.2.1 *Gyrator* de Riordan
 - 3.9.2.2 Convertidor general d'impedàncies (GIC) d'Antoniou
 - 3.9.2.3 Filtres de 2n ordre amb GIC
 - 3.9.3 Síntesi de biquads amb integradors
 - 3.9.3.1 Integradors
 - 3.9.3.2 Integradors inversors
 - 3.9.3.3 Integradors no inversors
 - 3.9.3.4 Biquad Kervin-Huelsman-Newcomb
 - 3.9.3.5 Biquad Tow-Thomas
 - 3.9.3.6 Biquad Åckerberg-Mossberg
- 3.10 Implementació activa amb OTA
 - 3.10.1 Blocs bàsics amb OTA-C
 - 3.10.2 Biquads amb OTA-C

Capítol 4 : Teoria de l'aproximació (1 setmana: 4hT + 1hPP)

- 4.1 Introducció
- 4.2 Aproximació a la magnitud o guany
 - 4.2.1 Filtre ideal
 - 4.2.2 Filtre prototipus
 - 4.2.3 Funció característica
 - 4.2.4 Estratègies d'aproximació
 - 4.2.5 Aproximacions clàssiques
- 4.3 Filtres Butterworth
- 4.4 Filtres Chebyshev o Chebyshev I
- 4.5 Filtres Chebyshev inversos o Chebyshev II
- 4.6 Filtres el·líptics o de Cauer
- 4.7 Filtres d'ordre parell
- 4.8 Transformacions freqüèncials
 - 4.8.1 Transformació d'un passa-baix prototipus a un passa-alt
 - 4.8.2 Transformació d'un passa-baix prototipus a un passa-banda
 - 4.8.3 Transformació d'un passa-baix prototipus a un elimina-banda
- 4.9 Aproximació a la fase
 - 4.9.1 Filtres Bessel-Thomson
 - 4.9.2 Filtres passa-tot Bessel-Thomson

Capítol 5 : Filtres passius (1 setmana: 4hT + 1hPP)

- 5.1 Introducció
- 5.2 Filtres passa-baix tot pols
 - 5.2.1 Filtres Butterworth
 - 5.2.2 Filtres Chebyshev
- 5.3 Filtres passa-baix amb zeros de transmissió finits
- 5.4 Transformacions freqüèncials
- 5.5 Filtres passa-tot

Capítol 6 : Filtres d'ordre superior (1 setmana: 4hT + 1hPP)

- 6.1 Filtres en cascada
 - 6.1.1 Distribució de zeros i pols
 - 6.1.2 Ordre de les seccions
 - 6.1.3 Assignació de guanys
- 6.2 Filtres amb realimentació multibucle
- 6.3 Simulació activa d'un filtre passiu RLC
 - 6.3.1 Simulació d'elements
 - 6.3.1.1 Transformació de Bruton
 - 6.3.1.2 Transformació de Gorski-Popiel
 - 6.3.2 Simulació operativa de filtres passa-baix tot pols

Capítol 7 : Filtres discrets: filtres de capacitats commutades (3 setmanes: 12hT + 3hPP)

- 7.1 Introducció: motivació
- 7.2 Equivalència capacitat commutada (SC) i resistència
- 7.3 Integradors amb SC's
 - 7.3.1 Influència de les capacitats paràssites
 - 7.3.2 Bloc general de primer ordre
- 7.4 Equacions diferència
- 7.5 Repàs de la transformada z
- 7.6 Transformada bilineal
- 7.7 Realització de filtres amb SC
 - Implementació en cascada (blocs biquad)

Capítol 8 : Filtres digitals (2 setmanes: 8hT + 2hPP)

- 8.1 Introducció
- 8.2 Filtres digitals no recursius: filtres FIR
 - 8.2.1 Definició
 - 8.2.2 Implementació
 - Promitjat
 - Basats en el mètode de la Transf. Fourier
 - Enfinestrat (windowing)
 - Tipus de finestra
 - 8.2.3 Transformació de filtres passa-baix a passa-alt i passa banda
- 8.3 Filtres digitals recursius: filtres IIR
 - 8.3.1 Definició
 - 8.3.2 Comparació filtres FIR i IIR
 - 8.3.3 Implementació
 - Basats en diagrames de pols i zeros
 - Basats en implementacions analògiques
 - Filtres de mostreig freqüencial

Hores setmanals de teoria (T): 4h (corresponents a 6 crèdits)

Hores setmanals de problemes (PP): 1h (corresponent a 1.5 crèdits)

METODOLOGÍA DOCENT

Bimodalitat

L'assignatura s'imparteix en format bimodal (semi-presencial), en el sentit que combina l'ensenyament en aula (presencial) amb l'ensenyament a través d'eines de comunicació a distància (no-presencial). Impartir l'assignatura en aquest format persegueix com objectiu fonamental l'aprofitament dels avantatges d'ambdós

formats, que no tindríem en formats totalment presencials o totalment no-presencials. Aquest avantatges, entre d'altres serien:

- a) Flexibilitat horària per alumnes que treballen (no presencial).
- b) Contacte directe amb alumne (presencial).
- c) Explicacions i resolució de dubtes presencialment (presencial).

La distribució total de crèdits en els dos formats és el que indica la següent taula:

Tipus de docència	Hores / setmana	IMPARTICIÓ (h/set)	
		PRESENCIAL	NO PRESENCIAL
Teoria + problemes	5	2	3
Pràctiques	1	1	0
TOTAL	6	3 (50%)	3 (50%)

Metodologia

La dinàmica de funcionament de l'assignatura es basa en explicar presencialment els aspectes més fonamentals, i en plantejar problemes a resoldre i corregir semi-presencialment segons la següent seqüència:

- 1) Durant les dues hores presencials:
 - a. En la primera hora es resolen a pissarra els problemes plantejats la setmana anterior (punt 1.b), que hauran estat resolts pels alumnes i corregits pel professor durant la setmana present (punt 2).
 - b. En la segona hora, el professor explica els aspectes més fonamentals del capítol que tocarà treballar la següent setmana i resol un problema patró, que permeti a l'alumne abordar la resolució dels nous problemes plantejats per la següent setmana.
- 2) Durant les tres hores no presencials:
 - a. Els alumnes treballen la resta de capítol a través de materials (pdf) especialment generats per l'assignatura.
 - b. Els alumnes resolen els problemes plantejats la setmana anterior i els lliuren al professor dos dies abans de la sessió presencial (**data límit: dimecres a les 12hPM a Gestió Acadèmica o per email**).
 - c. El professor corregeix els problemes per tal de lliurar-los corregits en la sessió presencial. D'aquesta manera, l'alumne pot analitzar els errors comesos i comentar-los presencialment el dia que el professor explica la solució correcta.

En tot cas, aquesta metodologia basada en l'anterior seqüència de resolució-correcció de problemes té com objectiu marcar una pauta pel seguiment de l'assignatura, més que no pas oferir una via d'avaluació continuada.

Eines virtuals

El mètode anteriorment descrit es basa en els següents elements:

- a) Campus Virtual de la UAB, com a eina de comunicació a distància professor-alumne i com a plataforma d'intercanvi de materials docents.
- b) Atenció de tutories bimodal: qualsevol dubte és atès tant de forma no presencial (email) com presencial (despatx).

AVALUACIO

Criteris d'avaluació:

Es contemplen dos mètodes d'avaluació possibles a triar per l'alumne:

Ordinari:

Nota final: $0.2 \cdot \text{Nota de pràctiques} + 0.3 \cdot \text{Nota de problemes setmanals} + 0.5 \cdot \text{Nota examen ordinari}$

Extraordinari:

Nota final: $0.2 \cdot \text{Nota de pràctiques} + 0.8 \cdot \text{Nota examen extraordinari}$

Avaluació de les pràctiques:

Ordinàriament les pràctiques s'avaluaran en funció de la presència al laboratori (es obligatori assistir a totes les sessions de pràctiques) i de la mitjana de les qualificacions de tots els informes de pràctiques.

En casos extraordinaris, l'alumne que hagi superat l'examen (teoria/problemes) podrà ser avaluat dels crèdits de laboratori mitjançant un examen pràctic. Aquest consistirà en la realització dels punts més fonamentals de totes i cadascuna de les pràctiques de l'assignatura i en la realització d'un mini-informe escrit, que reculli els resultats obtinguts en l'examen.

ESTIMACIO DE LA DURADA DE LES ACTIVITATS DOCENTS

A continuació s'especifica el conjunt d'activitats que ha de realitzar l'alumne per tal de seguir l'assignatura de forma ordinària, així com l'estimació del temps de dedicació a cadascuna d'elles en hores setmanals (en promig):

- Assistència a sessions presencials de teoria: **2 h/set**

- Estudi/treball dels materials docents no-presencials:
 - Estudi dels continguts de cada capítol no explicats presencialment: **2h/set**
 - Resolució dels problemes de lliurament setmanal: **2 h/set**
- Resolució de problemes de la llista de problemes: **2h/set**
- Assistència a sessions presencials de pràctiques de laboratori: **1h/set**
- Elaboració d'informes i estudis previs de pràctiques: **1h/set**
- Consulta de bibliografia: **2h/set**

NOTA: La correspondència 20 h/cr es tradueix en 1.33 h/cr·set (20/15 h/cr·set). En conseqüència, els 9 crèdits de l'assignatura corresponen a 12 hores/setmana de dedicació total.

BIBLIOGRAFIA RECOMANADA

- **R.Schaumann, M.S.Ghausi, K.R.Laker.** *Design of Analog filters*. Prentice Hall, 1990.
- **Paarmann, L.D.** *Design and Analysis os Analog Filters: A Signal Processing Perpective*. Kluwer Academic Publisher, 2001.
- **Deliyannis, T., Sun, Y. and Fidler, J.K.** *Continous-Time Active Filter Design*. CRC Press, 1999.
- **A.S.Sedra, P.O.Brackett.** *Filter Theory and design: Active and Passive*. Matrix Publishers, Inc., 1978.
- **W.K.Chen,** *Passive and active filters. Theory and implementations*. Willey 1986.
- **M.G.Ellis,** *Electronic filters. Analysis and synthesis*. Artech House 1994.
- **Su, K.L.** *Analog Filters*. Chapman & Hall, 1996.
- **R.Gregorian, G.C.Temes.** *Analog MOS Integrated Circuits for Signal Processing*. Willey, 1986
- **L.B.Jackson,** *Digital filters and signal processing*. Kluwer, 1996.
- **P.A. Lynn, W.Fuerst.** *Digital signal processing with computer applications*. Willey&Sons, 1994.

FITXA DE PRÀCTIQUES

Assignatura: Filtres Analògics i Digitals

Descripció general : Es pretén entendre que és un filtre, la utilitat que té, com funciona, el disseny i com i quan s'utilitza. Per poder assolir aquests objectius, es plantegen càlculs teòrics previs a les pràctiques que s'utilitzaran en el desenvolupament de la mateixa i aquestes tindran una visió tant del punt de vista més teòric amb el disseny i simulació fins al punt de vista més pràctic en el que es realitzaran els muntatges oportuns per tal de caracteritzar-lo. D'aquesta manera s'espera que l'alumne entengui i sàpiga utilitzar els diferents filtres analògics i digitals.

Mètode d'avaluació contínua:

L'assignatura consta de 5 pràctiques: 3 són més teòriques i bàsicament es realitzen amb simulació i les 2 restants es basen en la realització de muntatges i caracterització dels mateixos.

Examen de pràctiques:

En casos extraordinaris, l'alumne que hagi superat l'examen (teoria/problemes) podrà ser avaluat dels crèdits de laboratori mitjançant un examen pràctic. Aquest consistirà en la realització dels punts més fonamentals de totes i cadascuna de les pràctiques de l'assignatura i en la realització d'un mini-informe escrit, que reculli els resultats obtinguts en l'examen.

Pràctica 1

Títol: Disseny d'un filtre passa-banda, Filter i Matlab

Objectius d'aprenentatge:

L'objectiu és assolir coneixements suficients per poder utilitzar les eines de càlcul de filtres i desenvolupar-los en funció de les necessitats.

Activitats:

Activitats	Durada
<i>Preparació prèvia</i>	30min
<i>Sessió de laboratori 1</i>	3h
<i>Avaluació: mitjançant informe escrit</i>	2-3h (veure nota)

En aquesta pràctica els alumnes disposen del software de càlcul dels filtres que més s'utilitzen i a partir d'un petit tutorial es pretén que calculin i dissenyin un filtre amb unes especificacions determinades. Això es realitza amb dos programes diferents. S'espera que l'alumne realitzi una comparació entre un i altre per veure les diferències i poder determinar quin pot ser més útil en cada cas particular.

Pràctica 2

Títol: Muntatge d'un filtre actiu integrat .

Objectius d'aprenentatge:

L'objectiu d'aquesta pràctica és el muntatge d'un circuit que implementa un filtre i caracteritzar-lo. S'espera també que l'alumne observi les limitacions d'una implementació física i que els valors que s'utilitzen determinen el tipus i funcionament del mateix.

Activitats:

Activitats	Durada
<i>Preparació prèvia</i>	1h
<i>Sessió de laboratori 1</i>	3h
<i>Avaluació: mitjançant informe escrit</i>	2-3h (veure nota)

A partir dels càlculs de la pràctica anterior i guiats per la documentació del fabricant del circuit que s'utilitza pel muntatge, s'espera que l'alumne realitzi els càlculs oportuns per tal de seleccionar els components més adients per realitzar el muntatge.

Es realitzarà el muntatge del circuit i la seva caracterització. En aquest procés s'espera que l'alumne vegi la raó d'utilitzar un valor o altre en els components seleccionats i si s'escau rectificar per tal que el filtre funcioni correctament.

Pràctica 3

Títol: Utilització d'un filtre passa-baixos de capacitats commutades.

Objectius d'aprenentatge:

En aquesta pràctica s'espera que l'alumne vegi el funcionament d'un circuit de capacitats commutades junt amb les seves característiques principals i les limitacions de funcionament d'aquesta tecnologia.

Activitats:

Activitats	Durada
<i>Preparació prèvia</i>	30min
<i>Sessió de laboratori 1</i>	3h
Avaluació: mitjançant informe escrit	2-3h (veure nota)

En aquesta pràctica l'alumne realitza un filtre basat en capacitats commutades. Prèvia a la realització de la pràctica s'han de realitzar els càlculs de quins components externs s'han de utilitzar, per això es disposa de la documentació del fabricant que guia en tots els passos per realitzar el muntatge.

Es realitzarà el muntatge del filtre i es caracteritzarà el seu funcionament. Posteriorment es desplaçarà el seu punt de treball fora de la seva zona òptima de funcionament per veure les seves limitacions i d'aquesta manera tenir-ho present per una futura utilització.

Pràctica 4

Títol: Utilització d'un programa d'anàlisi de capacitats commutades.

Objectius d'aprenentatge:

L'objectiu consisteix en dissenyar circuits de capacitats commutades i saber utilitzar les eines de disseny per tal de facilitar aquesta tasca. També s'espera que s'observin les característiques dels filtres i que els resultats concordin amb la teoria.

Activitats:

Activitats	Durada
<i>Preparació prèvia</i>	30min
<i>Sessió de laboratori 1</i>	3h
Avaluació: mitjançant informe escrit	2-3h (veure nota)

En aquesta pràctica l'alumne utilitzarà un software desenvolupat per tal de dissenyar filtres de capacitats commutades i poder-los simular. Cal veure la diferència entre la utilització d'un sistema lineal analògic i un sistema mostrejat com són les capacitats commutades.

A partir de les simulacions s'han de poder veure els efectes del mostreig i verificar els conceptes teòrics sobre aquest tècnica d'implementació de filtres.

Pràctica 5

Títol: Implementació de filtres digitals.

Objectius d'aprenentatge:

Es tracta de verificar els conceptes teòrics al mateix temps que s'aprèn a utilitzar una eina de càlcul per disseny, anàlisi i simulació de filtres.

Activitats:

Activitats	Durada
<i>Preparació prèvia</i>	30min
<i>Sessió de laboratori 1</i>	3h
Avaluació: mitjançant informe escrit	2-3h (veure nota)

En aquesta pràctica l'alumne utilitzarà matlab i les eines que disposa pel disseny, anàlisi i simulació de diversos filtres, amb l'objectiu de veure l'efecte sobre diferents senyals i la seva representació en el temps i la freqüència. També s'espera que es trobi la relació i s'entengui el concepte de filtres en el domini freqüencial.

La realització es duu a terme a partir d'utilitzar els diferents senyals i aplicar-los a diversos filtres. Posteriorment i amb els resultats obtinguts es proposa el disseny d'un filtre a partir de les eines que es disposen per obtenir unes certes especificacions per després aplicar i verificar el disseny.

NOTA:

L'objectiu de l'**informe de pràctiques** és generar un document que:

- Formi part del material final útil que l'alumne obté de l'assignatura.
- Permeti al professor avaluar objectivament i de manera operativa l'aprofitament dels crèdits pràctics.
- No carregui l'alumne d'excessiva feina.

Per assolir aquest objectiu, el contingut dels informes escrits estarà especificat i pautat en el guió de cada pràctica, responant a una estructura bàsica del tipus:

- Objectius
- Breu descripció dels muntatges
- Presentació - discussió de resultats

i caldrà desenvolupar-lo en un nombre de pàgines acotat: entre **5 i 10** pàgines, que en promig comportarà al voltant de les **2.5** hores de treball de l'alumne.