Guia docent
820222 - EAEIA - Electrònica Analògica

Última modificació: 04/06/2026

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Barcelona Est
Unitat que imparteix: 710 - EEL - Departament d'Enginyeria Electrònica.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I AUTOMÀTICA (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2026 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Català, Castellà, Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: HERMINIO MARTINEZ GARCIA

Altres:

Primer quadrimestre:
ENCARNACIÓN GARCÍA VÍLCHEZ - Grup: T15, Grup: T16, Grup: T17
HERMINIO MARTINEZ GARCIA - Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13, Grup: T14, Grup: T15, Grup: T16, Grup: T17, Grup: T18
NOELIA VAQUERO GALLARDO - Grup: T13, Grup: T14
FERNANDO LUIS VAZQUEZ LABRADOR - Grup: T11, Grup: T12

Segon quadrimestre:
MANUEL ANDRÉS MANZANARES BROTONS - Grup: M13, Grup: M22, Grup: M23
HERMINIO MARTINEZ GARCIA - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M15, Grup: M24, Grup: M25
NOELIA VAQUERO GALLARDO - Grup: M21, Grup: M22, Grup: M23, Grup: M24, Grup: M25
FERNANDO LUIS VAZQUEZ LABRADOR - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M21

CAPACITATS PRÈVIES

Les capacitats adquirides a les assignatures següents del Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica (EIA):

- Sistemes Electrònics (STI - 820017).
- Teoria de Circuits i Màquines Elèctriques (TCME - 820225).
- Tecnologia Electrònica (TE-EIA - 820231).

REQUISITS

REGULACIÓ AUTOMÀTICA - Corequisit
SISTEMES ELECTRÒNICS - Prerequisit
TECNOLOGIA ELECTRÒNICA - Corequisit
TEORIA DE CIRCUITS I MÀQUINES ELÈCTRIQUES - Prerequisit

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
1. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
3. Coneixements aplicats d'instrumentació electrònica.
4. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.

Transversals:
10. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

METODOLOGIES DOCENTS

S'imparteixen dues classes per setmana amb un total de 3 h/set., que engloben la matèria de teoria i problemes, i una classe cada dues setmanes de 2 h, que engloba la matèria de pràctiques de laboratori.

Addicionalment, al llarg del quadrimestre, es faran diferents classes (l'horari es farà públic a començament de quadrimestre) amb tot el grup o part d'ells per poder explicar, desenvolupar i avaluar la/es competència/es transversal/s (genèrica/ques) assignada/es a l'assignatura.

L'assignatura utilitza:

- La metodologia expositiva en un 40%.
- El treball individual en un 30%.
- El treball en grups (cooperatius i de laboratori) en un 30%.

L'estudiant haurà de desenvolupar, en grups de, com a màxim, 2 alumnes, un projecte de l'assignatura de disseny, dimensionat i/o simulació relacionat amb el contingut de l'assignatura.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

1. Conèixer els diferents tipus, estructures internes, funcionament i circuits d'aplicació de dispositius i circuits integrats comercials per al processat analògic del senyal (VFOAs, OTAs, CCIs, CCIIs, CFOAs, etc.) .
2. Conèixer les principals característiques elèctriques i limitacions pràctiques (estàtiques i dinàmiques) dels principals circuits integrats comercials per al processat analògic del senyal.
3. Conèixer el concepte de 'règim saturat' i 'no saturat', 'funció electrònica lineal' i 'no lineal'.
4. Saber analitzar, dissenyar, simular i implementar sistemes analògics bàsics i avançats que implementen funciones lineals i no lineals, generació de formes d'ona i d'oscil·ladors sinusoïdals, reguladors i referències de tensió, etc.
5. Saber sintetitzar estructures de filtrat analògic i digital, i conèixer el principi dels circuits de capacitats commutades (SC) i els diferents tipus de circuits SC.
6. Desenvolupar habilitats a les tècniques de simulació i experimentals de mesura en circuits i sistemes electrònics analògics.
7. Aprenentatge autònom de l'estudiant i foment del treball en equip.
8. Ús de la llengua anglesa a la recerca d'informació avançada (datasheets de fabricants, articles en revistes de l'IEEE, etc.) referent a l'assignatura, i a la presentació de treballs escrits i orals a la mateixa.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	45,0	30.00
Hores grup petit	15,0	10.00
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

1.- Anàlisi i Disseny d'Estructures Internes d'Amplificadors Operacionals.

Descripció:
- Introducció. Diagrama de blocs de l'estructura clàssica d'un VFOA típic.
- Fonts i miralls de corrent: mirall bàsic, amb 'beta helper', amb degeneració d'emissor, fonts de corrent Wilson, Widlar, 'cascode', etc.
- Etapes i parells diferencials: amb càrregues passives i amb càrregues actives.
- Polarització del parell diferencial i càlcul del punt de treball en DC.
- Model en petit senyal del parell diferencial i càlcul del guany diferencial, transconductància i impedàncies d'entrada i sortida.
- Etapes d'elevat guany en emissor comú (CE): polarització amb càrregues actives, càlcul del punt de treball i del seu guany de tensió.
- Esquema elèctric complet d'un VFOA bàsic de dues etapes.
- Etapes de sortida en classe B i AB en amplificadors operacionals. Impedància de sortida del VFOA.
- Circuits amplificadors operacionals pràctics.
- El problema de l'estabilitat dels amplificadors operacionals: resposta en freqüència en llaç tancat i inestabilitat.
- Capacitat de compensació i xarxes de compensació: compensació interna de freqüència i compensació externa: 'dominant-pole (lag) compensation', 'lag-lead (pole-zero) compensation', 'lead compensation' ('equalizer') i 'phantom-zero compensation'.
- Anàlisi d'un VFOA típic: el µA741 com a exemple.
- Altres circuits basats en amplificadors operacionals: buffers i comparadors analògics.

Objectius específics:
- Conèixer el diagrama de blocs complet de l'estructura clàssica d'un VFOA típic (coneixement / comprensió).
- Entendre el funcionament de les fonts i miralls de corrent (comprensió).
- Conèixer les etapes i parells diferencials amb càrregues passives i amb càrregues actives (coneixement / comprensió).
- Conèixer els circuits de polarització dels parells diferencials (coneixement / comprensió).
- Realitzar el càlcul per a la polarització del parell diferencial i del seu punt de treball en DC (comprensió / aplicació).
- Conèixer el model en petit senyal del parell diferencial (coneixement / comprensió).
- Realitzar el càlcul del guany diferencial, transconductància i impedàncies d'entrada i sortida (comprensió / aplicació).
- Conèixer les etapes d'elevat guany en emissor comú (CE) (coneixement).
- Calcular el punt de treball i el guany de tensió d'etapes d'elevat guany en CE per a VFOAs (comprensió / aplicació).
- Dissenyar un VFOA bàsic de dues etapes (comprensió / aplicació).
- Conèixer les característiques de les etapes de sortida en classe B i AB en amplificadors operacionals (coneixement / comprensió).
- Conèixer les diferents estructures més importants de circuits amplificadors operacionals pràctics (coneixement / comprensió).
- Conèixer el problema de l'estabilitat dels amplificadors operacionals (coneixement / comprensió).
- Conèixer què és la compensació interna d'un amplificador operacional (coneixement / comprensió).
- Realitzar la compensació externa d'amplificadors operacionals (comprensió / aplicació).
- Realitzar l'anàlisi de l'estructura interna d'un VFOA típic (comprensió / aplicació).
- Conèixer altres circuits basats en amplificadors operacionals com buffers i comparadors analògics (coneixement / comprensió).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 5h
Aprenentatge autònom: 5h

2.- Limitacions Pràctiques dels Circuits Integrats Analògics.

Descripció:
- Introducció. Limitacions estàtiques i limitacions dinàmiques.
- Tensió d''offset', corrents de 'bias' i corrent d''offset' d'un VFOA.
- Efecte de la tensió d''offset' i corrents de 'bias' i 'offset' d'un VFOA sobre el comportament en un circuit.
- Efectes de la temperatura sobre les limitacions estàtiques.
- Producte guany-amplada de banda, 'slew-rate' i 'full power bandwidth' d'un VFOA.
- Efecte de la resposta freqüencial d'un VFOA sobre el comportament en un circuit.
- Problemàtica del CMRR ('common mode rejection ratio') i del PSRR ('power supply rejection ratio').
- Concepte de 'soroll elèctric'. Soroll en estructures amplificadores.
- Tipus comercials de VFOAs: 'rail-to-rail', bipolars, BiFET, CMOS, LinCMOS, BiMOS i Excalibur, amb autocorrecció de derives ('chopper' VFOAs), estructures no balancejades ('single-ended') i completament simètriques ('fully-balanced'), etc.
- Amplificadors compostos.

Objectius específics:
- Conèixer les diferents limitacions estàtiques i dinàmiques d'un VFOA (coneixement).
- Conèixer els conceptes de 'tensió d'offset', 'corrents de bias' i 'corrent d'offset' d'un VFOA (coneixement).
- Calcular l'efecte de la tensió d'offset i corrents de bias i d''offset' d'un VFOA sobre el comportament d'un circuit (comprensió / aplicació).
- Avaluar els efectes de la temperatura sobre les limitacions estàtiques (comprensió / aplicació).
- Conèixer els conceptes de 'producte guany-amplada de banda', 'slew-rate' i 'full power bandwidth' d'un VFOA (coneixement).
- Avaluar els efectes de la resposta freqüencial d'un VFOA sobre el comportament d'un circuit (comprensió / aplicació).
- Avaluar els efectes de la problemàtica del CMRR ('common mode rejection ratio') i del PSRR ('power supply rejection ratio') en un circuit amb VFOAs (comprensió / aplicació).
- Conèixer el concepte de 'soroll elèctric' en estructures amplificadores (coneixement).
- Avaluar els efectes del soroll en estructures amplificadores (comprensió / aplicació).
- Conèixer els tipus comercials més importants de VFOAs (coneixement).
- Saber què són els amplificadors compostos (coneixement).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 8h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 5h

3.- Alternatives al VFOA: Circuits Integrats Analògics Comercials (OTA, CCI, CCII, CFOA, etc.). Tipus, Classificació i Característiques.

Descripció:
- Classificació d'amplificadors electrònics (amplificadors de tensió, de corrent, de transconductància i de transresistència). Interconnexió d'amplificadores, fonts de senyal i càrregues.
- Classificació dels amplificadors comercialitzats en forma de circuits integrats.
- Característiques bàsiques dels diferents circuits amplificadors integrats comercials (OTA, CCI, CCII, CFOA, amplificador Norton, etc.).
- Alimentació dels diferents circuits amplificadors integrats comercials (OTA, CCI, CCII, CFOA, amplificador Norton, etc.).
- Funcionament bàsic dels diferents circuits amplificadors integrats comercials (OTA, CCI, CCII, CFOA, amplificador Norton, etc.).

Objectius específics:
- Classificar els diferents tipus d'amplificadors electrònics (coneixement / comprensió).
- Identificar la problemàtica de la interconnexió d'amplificadors, fonts de senyal i càrregues (coneixement / comprensió).
- Classificar els diferents amplificadors comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement / comprensió).
- Conèixer les característiques bàsiques dels diferents circuits amplificadors integrats comercials (coneixement / comprensió).
- Alimentar els diferents circuits amplificadors integrats comercials (coneixement / comprensió).
- Entendre el funcionament bàsic dels diferents circuits amplificadors integrats comercials (comprensió).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 8h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 5h

4.- Implementació de Funcions Electròniques (Operadors) Lineals i No Lineals Mitjançant Circuits Integrats Analògics Treballant en Règim No Saturat i en Règim Saturat.

Descripció:
- Disseny i implementació de funcions electròniques lineals i no lineals avançades amb dispositius analògics comercialitzats en forma de circuits integrats.
- Transformació d'impedàncies: circuits GIC i GII, implementació de resistències negatives, multiplicadors de capacitat, el circuit d'Antoniou i gyrators, simuladors d'inductàncies ('inductorless circuits') i dispositius FDNR ('frequency-dependent negative resistors') o elements D.
- Circuits retalladors de precisió ('clipper circuits'), detectors de pic de precisió ('peak detectors'), circuits fixadors de nivell de precisió ('clamper circuits'), detectors de pas per zero, etc.
- Aproximacions lineals per trams de funcions.
- Operadors logarítmics i exponencials (antilogarítmics). Configuració transdíode.
- Multiplicadors analògics. Aplicacions (circuits per al càlcul de potències, multiplicadors de freqüència, circuits divisors analògics, circuits per a el càlcul d'arrels quadrades, detectors de fase, etc.), estructura interna i models comercials.
- Operadors lineals per a circuits d'instrumentació electrònica: efectes del CMRR i del PSRR en DAs i IAs, fonts controlades i convertidors I/V i V/I, amplificadors de corrent i amplificadors electromètrics.
- Operadors no lineals per a circuits d'instrumentació electrònica: convertidors multifunció analògics (el circuit integrat AD538 com a exemple), detectors de valor mig, convertidors true RMS, implementació ('fitting') de funcions matemàtiques, calculadores analògiques.

Objectius específics:
- Analitzar, dissenyar i implementar funcions electròniques lineals i no lineals avançades amb dispositius analògics comercialitzats en forma de circuits integrats (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits GIC i GII, resistències negatives, multiplicadors de capacitat, simuladors de inductàncies ('inductorless circuits'), dispositius FDNR ('frequency-dependent negative resistors'), elements D, etc. (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits de precisió: retalladors ('clipper circuits'), detectors de pic ('peak detectors'), circuits fixadors de nivell ('clamper circuits'), detectors de passo per zero, etc. (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits aproximadors per trams de funcions (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar operadors logarítmics i exponencials (antilogarítmics) (aplicació).
- Conèixer i entendre l'estructura interna i característiques dels multiplicadors analògics (coneixement / comprensió).
- Analitzar, dissenyar i implementar aplicacions diverses amb multiplicadors analògics (aplicació).
- Conèixer els models més importants de multiplicadors analògics (coneixement).
- Analitzar, dissenyar i implementar operadors lineals per a circuits d'instrumentació electrònica (aplicació).
- Conèixer i entendre la problemàtica més important relacionada amb DAs i IAs (CMRR, PSRR, etc.) (coneixement / comprensió).
- Analitzar, dissenyar i implementar operadors no lineals per a circuits d'instrumentació electrònica (aplicació).

Competències relacionades:
CEEIA-23. Coneixements aplicats d'instrumentació electrònica.
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 12h 30m
Grup gran/Teoria: 3h 30m
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 5h

5.- Resposta en Freqüència d'Amplificadors Transistoritzats.

Descripció:
- Limitacions freqüencials de les etapes amplificadores basades en VFOAs i transistoritzats: pols i zeros de la funció de transferència i pols dominants.
- Efectes dels condensadors d'acoblament sobre la resposta en baixa freqüència.
- Estudi de la freqüència de tall inferior d'amplificadors transistoritzats monoetapa.
- Modelitzat de petit senyal de transistors BJT en mitja i alta freqüència.
- Modelitzat de petit senyal de transistors FET en mitja i alta freqüència.
- Teorema de Miller.
- Estudi de la freqüència de tall superior d'amplificadors transistoritzats monoetapa.
- Resposta freqüencial d'amplificadors basats en VFOA.
- Estudi de la freqüència de tall inferior d'amplificadors multietapa.
- Estudi de la freqüència de tall superior d'amplificadors multietapa.
- Mètodes del curt-circuit ('short-circuit time constants -SCTC- method') i del circuit obert ('open-circuit time constants -OCTC- method').

Objectius específics:
- Conèixer les limitacions freqüencials de les etapes amplificadores basades en VFOAs i transistors: pols i zeros de la funció de transferència i pols dominants (coneixement / comprensió).
- Conèixer els efectes dels condensadors d'acoblament sobre la resposta en baixa freqüència (coneixement / comprensió).
- Determinar la freqüència de cort inferior d'amplificadors transistoritzats monoetapa (aplicació).
- Modelitzar en petit senyal transistors BJT en mitjana i alta freqüència (aplicació).
- Modelitzar en petit senyal transistors FET en mitjana i alta freqüència (aplicació).
- Conèixer el teorema de Miller (coneixement).
- Determinar la freqüència de cort superior d'amplificadors transistoritzats monoetapa (aplicació).
- Determinar la resposta freqüencial d'amplificadors basats en VFOA (aplicació).
- Determinar la freqüència de cort inferior d'amplificadors multietapa (aplicació).
- Determinar la freqüència de cort superior d'amplificadors multietapa (aplicació).
- Aplicar els mètodes del curtcircuit ('short-circuit time constants -SCTC- method') i del circuit obert ('open-circuit time constants -OCTC- method') (aplicació).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 14h
Grup gran/Teoria: 4h
Aprenentatge autònom: 10h

6.- Amplificadors Realimentats Basats en Transistors i VFOAs: Efectes de la Realimentació Positiva i Negativa.

Descripció:
- Realimentació positiva i negativa en un amplificador realimentat.
- Tipus de realimentació en amplificadors: shunt-shunt, shunt-series, series-shunt i series-series.
- Efectes de la realimentació negativa sobre les característiques d'amplificadors transistoritzats.
- Característiques dels amplificadors transistoritzats amb i sense realimentació negativa.
- Anàlisi i síntesi d'amplificadors transistoritzats realimentats negativament.

Objectius específics:
- Conèixer els conceptes de 'realimentació positiva' i 'realimentació negativa' en un amplificador realimentat (coneixement).
- Conèixer els tipus de realimentació en amplificadors: shunt-shunt, shunt-series, series-shunt i series-series (coneixement).
- Identificar els efectes de la realimentació negativa sobre les característiques d'amplificadors transistoritzats (comprensió).
- Conèixer les característiques dels amplificadors transistoritzats amb i sense realimentació negativa (coneixement / comprensió).
- Analitzar, dissenyar i implementar amplificadors transistoritzats realimentats negativament (aplicació).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 8h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 5h

7.- Circuits de Temporització, Generació de Senyals i Oscil·ladors Sinusoïdals.

Descripció:
- Multivibradors i circuits temporitzadors: monoestables, astables i biestables.
- Circuits de generació de formes d'ona basats en comparadors analògics (rectangular, triangular i dents de serra).
- Conversió d'ona triangular a sinusoïdal: conformadors (wave shapers) de formes de onda.
- Concepte de oscil·lador sinusoïdal. Enunciat del criteri de Barkhausen.
- Classificació dels circuits oscil·ladors: RC, LC, basats en cristalls quars, per a baixa, mitja i alta freqüència, etc.
- Tipus i anàlisis de circuits oscil·ladors RC utilitzant el criteri de Barkhausen.
- Tipus i anàlisis de circuits oscil·ladors LC utilitzant el criteri de Barkhausen.
- Mecanismes de limitació d'amplitud i el seu funcionament en circuits oscil·ladors.
- Principio de funcionament d'oscil·ladors basats en cristalls de quars i ressonadors ceràmics. Freqüència de ressonància sèrie i de ressonància en paral·lel.
- Tipus i anàlisis d'oscil·ladors basats en cristalls de quars i ressonadors ceràmics.
- Generadors de formes d'ona típics comercialitzats en forma de circuits integrats.
- Oscil·ladors controlats per tensió (VCOs).
- Convertidors V/F i F/V. Exemples de circuits integrats comercials.

Objectius específics:
- Classificar els circuits multivibradors i circuits temporitzadors (coneixement).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits de generació de formes d'ona basats en comparadors analògics (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits de conversió d'ona triangular a sinusoïdal (wave shapers) (aplicació).
- Conèixer el concepte d''oscil·lador sinusoïdal' (coneixement / comprensió).
- Conèixer el seu enunciat i entendre el denominat 'criteri de Barkhausen' (coneixement / comprensió).
- Realitzar la classificació de circuits oscil·ladors (coneixement).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits oscil·ladors RC i LC (aplicació).
- Conèixer la importància dels limitadors d'amplitud i el seu funcionament en circuits oscil·ladors (coneixement / comprensió).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits de limitació d'amplitud en circuits oscil·ladors (aplicació).
- Conèixer el principi de funcionament dels oscil·ladors basats en cristalls de quars i ressonadors ceràmics (coneixement / comprensió).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits oscil·ladors basats en cristalls de quars i ressonadors ceràmics (aplicació).
- Conèixer els generadors de forma d'ona típics comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer què és un oscil·lador controlat per tensió (VCO) i els models comercials més comuns (coneixement / comprensió).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits VCO (aplicació).
- Conèixer què són els convertidors V/F i F/V, i els models comercials més comuns (coneixement / comprensió).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits convertidors V/F i F/V (aplicació).

Competències relacionades:
CEEIA-23. Coneixements aplicats d'instrumentació electrònica.
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 18h
Grup gran/Teoria: 4h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 10h

8.- Funcions de Transferència Contínues i Discretes: Transformades en 's' i Transformades en 'z' de Filtres Elèctrics.

Descripció:
- Introducció i classificació dels filtres elèctrics.
- Funcions de transferència de 1º i 2º ordre passa-baixos, passa-alts, passa-banda, rebutja-banda i passa-tot en el domini d''s' i de 'z'.
- Paràmetres de les funcions de transferència de 1º i 2º ordre: freqüència natural, factor de qualitat (i factor d'esmorteïment), guany, freqüències de tall, zeros de transmissió, màxims, etc.
- Conceptes de 'pols' i 'zeros' d'una funció de transferència en el domini d''s' i de 'z'.
- Estudi de l'estabilitat de funcions de transferència en el domini d''s' i de 'z'.
- Corbes de Bode de funcions de transferència de 1º i 2º ordre i d'ordre superior.
- Transformació bilineal.
- Disseny de filtres digitals.

Objectius específics:
- Conèixer el concepte de 'filtre elèctric' i la classificació dels mateixos (coneixement).
- Conèixer les funcions de transferència de 1er i 2on ordre passa-baixos, passa-alts, passa-banda, rebutja-banda i passa-tot en el domini d''s' i de 'z' (coneixement).
- Conèixer els paràmetres en les funcions de transferència de 1er i 2on ordre (coneixement).
- Conèixer els conceptes de 'pol' i 'zero' d'una funció de transferència en el domini d''s' i de 'z' (coneixement).
- Identificar l'estabilitat de funcions de transferència en el domini d''s' i de 'z' (comprensió).
- Dibuixar les corbes de Bode de funcions de transferència de 1er i 2on ordre, i d'ordre superior (aplicació).
- Realitzar la transformació bilineal de funcions de transferència (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar filtres digitals d'ordre reduït (aplicació).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 8h 30m
Grup gran/Teoria: 3h 30m
Aprenentatge autònom: 5h

9.- Cèl·lules de Filtrat Actives de Temps Continu i Digitals. Disseny i Anàlisi de Filtres de Ordre Superior Mitjançant Polinomis, Taules i Software d'Ajuda.

Descripció:
- Cèl·lula de filtrat analògiques i digitals de 1º i 2º ordre passa-baixos, passa-alts, passa-banda, rebutja-banda i passa-tot.
- Estructures biquadràtiques analògiques i digitals basats en filtres actius universals (UAFs).
- Gàlib d'un filtre i funcions d'aproximació d'un filtre. Tipus de funcions d'aproximació.
- Comparativa de les respostes freqüencials i temporals entre les diferents funcions d'aproximació.
- Retard de propagació de grup d'un filtre.
- Filtre prototipus, escalat en magnitud i desnormalització (escalat en freqüència) de filtres.
- Transposició de filtres: disseny de filtres 'high-pass', 'band-pass' i 'band-reject' a partir del filtre 'low-pass' prototipus.
- Síntesis sistemàtica d'estructures de filtrat de temps continu d'ordre superior mitjançant taules.
- Software d'ajuda al disseny de filtres d'ordre elevat.
- Síntesis sistemàtica d'estructures de filtrat de temps continuo d'elevat ordre mitjançant l'ordinador.

Objectius específics:
- Conèixer les cèl·lules de filtrat analògiques i digitals de 1er i 2on ordre passa-baixos, passa-alts, passa-banda, rebutja-banda i passa-tot (coneixement).
- Conèixer les estructures biquadràtiques analògiques i digitals basades en filtres actius universals (UAFs) (coneixement).
- Dibuixar el gàlib d'un filtre i conèixer les diferents funcions d'aproximació d'un filtre (coneixement / comprensió).
- Conèixer les diferències en les respostes freqüencials i temporals de les diferents funcions d'aproximació (coneixement).
- Conèixer el concepte de 'retard de propagació de grup' d'un filtre (coneixement).
- Conèixer els conceptes de 'filtre prototip', 'escalat en magnitud', 'desnormalització' (o 'escalat en freqüència') i 'transposició' d'un filtre (coneixement).
- Realitzar la transposició dels diferents tipus de filtres existents (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar estructures de filtrat de temps continu d'ordre superior mitjançant taules (aplicació).
- Conèixer el software d'ajuda al disseny de filtres d'ordre elevat (coneixement).
- Analitzar, dissenyar i implementar estructures de filtrat de temps continu d'elevat ordre mitjançant l'ordinador (aplicació).

Competències relacionades:
CEEIA-23. Coneixements aplicats d'instrumentació electrònica.
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 19h
Grup gran/Teoria: 5h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 10h

10.- Circuits de Capacitats Commutades (SC) i Dispositius Analògics Programables (FPAAs).

Descripció:
- Introducció als circuits basats en capacitats commutades i dispositius FPAAs.
- Principi de funcionament dels circuits SC.
- Modelitzat d'una cèl·lula SC bàsica.
- Filtres SC típics comercialitzats en forma de circuits integrats.
- Programabilitat i sintonitzabilitat de paràmetres en filtres SC.
- Circuits FPAAs típics comercialitzats en forma de circuits integrats.
- Limitacions pràctiques dels circuits SC i FPAAs.
- Software per al disseny de sistemes analògics basats en cèl·lules FPAAs.

Objectius específics:
- Conèixer el principi de funcionament dels circuits electrònics basats en capacitats commutades (coneixement / comprensió).
- Conèixer el principi de funcionament dels dispositius FPAAs (coneixement / comprensió).
- Realitzar el modelitzat d'una cèl·lula SC bàsica (aplicació).
- Conèixer els filtres SC típics comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Realitzar l'ajustament, programabilitat i sintonitzabilitat dels paràmetres en filtres SC (coneixement / comprensió).
- Conèixer els circuits FPAAs típics comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer les limitacions pràctiques dels circuits SC i FPAAs (coneixement / comprensió).
- Conèixer el programari per al disseny de sistemes analògics basats en cèl·lules FPAAs (coneixement).

Competències relacionades:
CEEIA-23. Coneixements aplicats d'instrumentació electrònica.
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 11h
Grup gran/Teoria: 3h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 5h

11.- Amplificació de Potència: Etapes de Sortida.

Descripció:
- Concepte de 'classe d'un amplificador'.
- Tipus de classes d'amplificadores.
- Etapes de sortida en classe A sense transformador: càlcul del rendiment de l'etapa amplificadora.
- Etapes de sortida en classe A amb transformador: càlcul del rendiment de l'etapa amplificadora.
- Etapes de sortida en classe B en contrafase utilitzant transformadors.
- Etapes de sortida en classe B 'push-pull' de simetria complementària: càlcul del rendiment de l'etapa amplificadora.
- Minimització de la distorsió de creuament en etapes 'push-pull': etapes de sortida en classe AB.
- Etapes de sortida en classe AB en contrafase utilitzant transformadors.
- Etapes de sortida en classe AB 'push-pull' de simetria complementària.
- Etapes de potència en classe B i AB comercialitzades en forma de circuits integrats: amplificadors d'àudio, 'buffers' de potència i amplificadors operacionals de potència integrats en forma de circuits integrats.
- Limitacions pràctiques de les etapes de potència en classe B i AB.
- Etapes de sortida d'alt rendiment: classes C, D, E, G i H.

Objectius específics:
- Conèixer el concepte de 'classe d'un amplificador' (coneixement).
- Conèixer les principals classes de treball d'amplificadors (coneixement).
- Analitzar, dissenyar i implementar etapes de sortida en classe A sense transformador (aplicació).
- Realitzar el càlcul del rendiment màxim d'una etapa amplificadora en classe A sense transformador (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar etapes de sortida en classe A amb transformador (aplicació).
- Realitzar el càlcul del rendiment màxim d'una etapa amplificadora en classe A amb transformador (aplicació).
- Conèixer el concepte de 'distorsió d'encreuament' en etapes en contrafase i etapes push-pull (coneixement).
- Analitzar, dissenyar i implementar etapes de sortida en contrafase utilitzant transformadors treballant en classe B i en classe AB (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar etapes de sortida push-pull de simetria complementària treballant en classe B i en classe AB (aplicació).
- Realitzar el càlcul del rendiment màxim d'etapes amplificadores en classe B (aplicació).
- Conèixer les etapes de potència en classe B i AB típiques comercialitzades en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer els models comercials típics d'amplificadors d'àudio, buffers de potència i amplificadors operacionals de potència integrats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer les limitacions pràctiques de les etapes de potència en classe B i AB (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament d'etapes de sortida d'alt rendiment: classes C, D, I, G i H (coneixement / comprensió).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 13h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 10h

12.- Reguladors i Referències de Tensió i Corrent.

Descripció:
- Introducció. El díode zéner com a element bàsic d'estabilització de tensió.
- Fonts d'alimentació lineals amb estabilització mitjançant transistor en sèrie i díode zéner.
- Reguladors lineals amb realimentació de la tensió de sortida.
- Reguladors lineals sèrie estàndars comercialitzats en forma de circuits integrats.
- Reguladors lineals sèrie LDOs comercialitzats en forma de circuits integrats: funcionament, característiques, avantatges i inconvenients en comparació amb els reguladors estàndars.
- Reguladors lineals paral·lels: funcionament, característiques, avantatges i inconvenients en comparació amb els reguladors sèrie.
- Reguladors commutats: funcionament, característiques, avantatges i inconvenients en comparació amb els reguladors lineals.
- Limitació del corrent màxim per la càrrega i proteccions contra curt-circuits.
- Circuits de supervisió de l'alimentació.
- Fonts de tensió monolítiques.
- Referències de tensió. La família de referències REFxxx, LM313 i LM399 com a exemples.
- Sensors de temperatura monolítics. Els circuits integrats LM335, LM35 i AD590 com a exemples.
- Inversors de tensió basats en capacitats commutades ('charge pumps' o 'bombes de càrrega'). Els circuits integrats SI7660, SI7661 i MAX660 com a exemples.
- Fonts i referències de corrent. Els circuits integrats REF200 i LM334 com a exemples.

Objectius específics:
- Analitzar, dissenyar i implementar estabilitzadors basats en díode zéner (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar estabilitzadors basats en díode zéner i transistor sèrie de pas (aplicació).
- Conèixer el principi de funcionament de reguladors lineals de tensió amb realimentació negativa (coneixement / comprensió).
- Analitzar, dissenyar i implementar reguladors basats en díode zéner i transistor sèrie de pas amb llaç de realimentació (aplicació).
- Conèixer els reguladors lineals sèrie típics comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament de reguladors lineals de tensió LDO (coneixement / comprensió).
- Conèixer els reguladors lineals sèrie LDO comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Analitzar, dissenyar i implementar reguladors lineals paral·lels (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar reguladors commutats (aplicació).
- Analitzar, dissenyar i implementar circuits limitadors del corrent màxim per la càrrega i de protecció contra curtcircuits (aplicació).
- Conèixer els principals circuits de supervisió de l'alimentació comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer els models típics de fonts de tensió monolítiques (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament de les referències de tensió (coneixement / comprensió).
- Conèixer les referències de tensió típiques comercialitzades en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament dels sensors de temperatura semiconductors (coneixement / comprensió).
- Conèixer els sensors de temperatura monolítics típics comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer els circuits inversors de tensió típics basats en capacitats commutades ('charge pumps') comercialitzats en forma de circuits integrats (coneixement).
- Conèixer les fonts i referències de corrent típiques comercialitzades en forma de circuits integrats (coneixement).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 13h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 10h

13.- Altres Aplicacions Importants de l'Electrònica Analògica.

Descripció:
- Introducció.
- Circuits de conversió de dades: convertidors A/D i D/A. Característiques, tipus i principis de funcionament.
- Circuits analògics de mesura i control.
- Amplificadors sintonitzats i de banda estreta.
- Amplificadors de banda ampla.
- Circuits moduladors en AM i en FM.
- Circuits desmoduladors i circuits d'enclavament de fase (sistemes PLLs).

Objectius específics:
- Conèixer el principals tipus de convertidors D/A (coneixement).
- Conèixer les principals característiques dels convertidors D/A (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament dels convertidors D/A més utilitzats actualment (comprensió).
- Conèixer el principals tipus de convertidors A/D (coneixement).
- Conèixer les principals característiques dels convertidors A/D (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament dels convertidors A/D més utilitzats actualment (comprensió).
- Conèixer les principals característiques dels circuits analògics per a mesura i control (coneixement).
- Conèixer les principals característiques dels amplificadors sintonitzats i de banda estreta (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament dels amplificadors sintonitzats i de banda estreta (comprensió).
- Conèixer les principals característiques dels amplificadors de banda ampla (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament dels amplificadors de banda ampla (comprensió).
- Conèixer les principals característiques dels circuits moduladors en AM i FM (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament dels circuits moduladors en AM i FM (comprensió).
- Conèixer les principals característiques dels circuits desmoduladors en AM i FM (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament dels circuits desmoduladors en AM i FM (comprensió).
- Conèixer les principals característiques dels circuits PLL (coneixement).
- Conèixer el principi de funcionament dels circuits PLL (comprensió).

Competències relacionades:
CEEIA-20. Coneixements sobre els fonaments i les aplicacions de l'electrònica analògica.
CEEIA-24. Capacitat per dissenyar sistemes electrònics analògics, digitals i de potència.
07 AAT N3. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

Dedicació: 7h
Grup gran/Teoria: 2h
Aprenentatge autònom: 5h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Qualsevol acte de frau acadèmic, plagi, ús o tinença a l'abast de mitjans no autoritzats en qualsevol activitat d'avaluació comportarà la qualificació de zero (0) en la prova o lliurament afectat. A més, d'acord amb la normativa de la Universitat, la possible derivació dels fets per a l'obertura d'un expedient disciplinari implicarà que l'assignatura quedi en l'estat provisional de "pendent d'avaluació" fins a la resolució de l'expedient. La gestió d'aquestes incidències es desplega d'acord amb el **Marc d'actuació per a la integritat acadèmica en l'avaluació de la UPC**.

L'avaluació de l'assignatura es ponderarà de la següent manera:

• Examen parcial escrit: 20 %.
• Examen final escrit: 40 %.
• Projecte de l'assignatura (projecte de disseny, simulació i/o implementació de prototips electrònics dintre de l'àmbit de l'assignatura): 20 %.
• Activitats, proves i pràctiques de laboratori: 20 %.

Totes aquestes proves serviran també per a l'avaluació de la/es competència/es transversal/s genèrica/ques assignada/es a l'assignatura.

Aquesta asignatura no té prova de reavaluació.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

La realització de les diferents proves consistirà en:

• Control/s parcial/s: Proves escrites, teòriques i/o problemes d'anàlisi i/o síntesi (disseny) de sistemes electrònics analògics.
• Prova final: Prova escrita, teòrica i/o problemes d'anàlisi i/o síntesi (disseny) de sistemes electrònics analògics.
• Projecte de l'assignatura: El projecte de l'assignatura comportarà la realització d'un treball de disseny, dimensionat i/o simulació relacionat amb els continguts de l'assignatura.
• Activitats, proves i pràctiques de laboratori: Activitats pròpies de pràctiques de laboratori d'Enginyeria Electrònica.

Gràcies a totes aquestes proves, s'avaluaran també la/es competència/es transversal/s (genèrica/ques) assignada/es a l'assignatura.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Clayton, George; Winder, Steve. Operational amplifiers [en línia]. 5th ed. Oxford [etc.]: Newnes, 2003 [Consulta: 29/04/2020]. Disponible a: https://www.sciencedirect.com/science/book/9780750659147. ISBN 0750659149.
- Coughlin, Robert F.; Driscoll, Frederick F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. 3ª ed. México [etc.]: Prentice-hall Hispano Americana, 1999. ISBN 9701702670.
- Franco, Sergio. Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos. México [etc.]: McGraw-Hill, 2005. ISBN 9701045955.
- Fiore, James M. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales : teoría y aplicación. Madrid: Thomson, cop. 2002. ISBN 8497320999.
- Pérez García, Miguel Ángel. Instrumentación electrónica. Madrid: Paraninfo, cop. 2014. ISBN 9788428337021.

Complementària:
- Op amp applications handbook. Amsterdam: Newnes, 2004. ISBN 9780750678445.
- Malik, Norbert R. Circuitos electrónicos : análisis, diseño y simulación. Madrid [etc.]: Prentice Hall, cop. 1996. ISBN 8489660034.
- Rashid, M. H.. Circuitos microelectrónicos : análisis y diseño. Madrid: International Thomson, 2002. ISBN 8497320573.
- Sedra, Adel S.; Smith, Kenneth Carless. Circuitos microelectrónicos. 5ª ed.. México: Oxford University Press, 2006. ISBN 9701054725.
- Gayakwad, Ramakant A.. OP-AMPS and linear integrated circuits. 4th ed. Englewood Cliffs, NJ [etc.]: Prentice-Hall, cop. 2000. ISBN 0132808684.
- Mancini, Ron. Op amps for everyone : design reference [en línia]. Boston: Newnes, 2001 [Consulta: 29/04/2020]. Disponible a: https://www.cypress.com/file/65366/download. ISBN 0750677015.

RECURSOS

Enllaç web:
- Moodle ATENEA: http://atenea.upc.edu/moodle/. http://atenea.upc.edu/moodle/

Altres recursos:
El material propi de l'assignatura, que servirà per al correcte seguiment de la mateixa (apunts de classe, transparències, col·leccions de problemes, articles de revistes, manuals de pràctiques de laboratori, etc.), que es deixarà al repositori propi de l'assignatura en ATENEA.