Guia docent
300027 - CESA - Circuits Electrònics i Sistemes d'Alimentació

Última modificació: 11/05/2026

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels
Unitat que imparteix: 710 - EEL - Departament d'Enginyeria Electrònica.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).
GRAU EN ENGINYERIA TELEMÀTICA (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).
MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES AVANÇADES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2019). (Assignatura optativa).

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

PROFESSORAT

Professorat responsable: Definit a la infoweb de l'assignatura.

Altres: Definit a la infoweb de l'assignatura.

CAPACITATS PRÈVIES

- Conèixer les relacions tensió–corrent en resistències, condensadors, bobines, transformadors ideals, transistors i diodes.
- Anàlisi de circuits lineals, tant amb elements resistius com reactius.
- Anàlisi de circuits amb amplificadors operacionals aplicant el curtcircuit virtual.
- Conèixer els circuits bàsics amb amplificadors operacionals.
- Resoldre equacions diferencials lineals de primer i segon ordre.
- Conèixer la representació de Bode identificant els pols i els zeros de la funció de transferència.
- Conèixer els conceptes bàsics de distorsió harmònica, potència activa i reactiva.
- Conèixer les equacions de Maxwell de l'electromagnetisme.

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura s'estructura en activitats formatives de caràcter presencial i no presencial, que inclouen classes teòriques i pràctiques de laboratori. Les classes teòriques es desenvolupen mitjançant sessions magistrals en què el professorat exposa els continguts fonamentals de l'assignatura, amb el suport de material audiovisual i del desenvolupament dels conceptes a la pissarra. Aquests continguts són posteriorment aplicats per l'alumnat en la preparació i realització de les activitats pràctiques. Les pràctiques de laboratori, de caràcter guiat, tenen com a objectiu l'aplicació pràctica i la consolidació dels coneixements adquirits en les sessions teòriques.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

En finalitzar l'assignatura Circuits Electrònics i Sistemes d'Alimentació, l'estudiantat serà capaç de:
. Identificar els blocs funcionals bàsics que constitueixen un sistema d'alimentació.
. Conèixer i analitzar les topologies fonamentals de rectificadors i inversors monofàsics, tant en configuració de semipont com de pont complet.
. Comprendre el funcionament dels convertidors DC/DC, en particular els reguladors lineals, les bombes de càrrega i els convertidors commutats.
. Analitzar el funcionament dels convertidors commutats (Buck, Buck-Boost, Boost, SEPIC, Ćuk, Forward i Flyback) i dimensionar-ne els components en règim de conducció contínua.
. Conèixer la topologia de la xarxa elèctrica, incloent-ne l'estructura, els processos de conversió de trifàsic a monofàsic i els diferents esquemes de distribució en baixa tensió.
. Identificar els principals problemes de seguretat associats a la xarxa elèctrica, tant per als circuits com per a les càrregues i els usuaris, així com els dispositius de protecció disponibles al mercat.
. Comprendre el principi físic de funcionament, el model elèctric i les característiques I–V i P–V de les cèl·lules i els panells fotovoltaics.
. Dimensionar un sistema d'alimentació fotovoltaic per a aplicacions autònomes, determinant l'orientació òptima i el nombre mínim de panells necessaris.
. Conèixer les característiques principals de les bateries secundàries i els circuits d'acondicionament associats, inclosos els circuits de càrrega, equilibratge i regulació de tensió.
. Conèixer diferents tècniques de mesura de corrent per a la supervisió dels sistemes d'alimentació.
. Comprendre les estructures bàsiques d'amplificadors amb entrada diferencial i sense, basats en amplificadors operacionals.
. Conèixer les principals característiques no ideals dels amplificadors operacionals, com ara les corrents de polarització i d'offset, la tensió d'offset, el CMRR, el slew rate i el producte guany–amplada de banda.
. Analitzar l'offset de sortida d'un amplificador degut a les corrents i tensions d'offset dels amplificadors operacionals.
. Analitzar la influència del CMRR en el guany real d'un amplificador respecte del valor obtingut en una anàlisi ideal.
. Calcular l'amplada de banda del guany d'un amplificador a partir del producte guany–amplada de banda de l'amplificador operacional.
. Avaluar si el slew rate limita la resposta dinàmica d'un amplificador.
. Conèixer les estructures de les fonts d'alimentació lineals i commutades, distingint-ne les característiques i els àmbits d'aplicació.
. Conèixer l'estructura i el funcionament dels Sistemes d'Alimentació Ininterrompuda (SAI), diferenciant entre configuracions offline i online.
. Comprendre l'estructura interna d'un sistema MPPT i els algoritmes bàsics utilitzats per al seguiment del punt de màxima potència.
. Conèixer les característiques i el funcionament de l'alimentació mitjançant PoE (Power over Ethernet).
. Conèixer les característiques i el funcionament de l'alimentació a través d'un port USB 2.0.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	26,5	17.67
Hores grup gran	39,5	26.33
Hores aprenentatge autònom	84,0	56.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Circuits d'acondicionament d'energia

Descripció:
Descripció de la funcionalitat dels circuits d'acondicionament d'energia, així com dels seus principals factors de mèrit —com ara el rendiment energètic i la qualitat del subministrament— i de la seva classificació, distingint entre convertidors AC–DC (rectificadors), DC–DC (reguladors), DC–AC (inversors) i AC–AC (cicloconvertidors). A continuació, s'aborda l'estudi del funcionament i l'anàlisi dels principals circuits emprats en cadascuna d'aquestes formes de conversió.

En l'àmbit dels rectificadors, s'analitza el dimensionament de rectificadors no controlats amb càrregues capacitatives, considerant diferents topologies. S'estudia l'arrissat de la tensió a la càrrega, la tensió inversa màxima suportada pels díodes i el corrent de pic en conducció, amb l'objectiu d'establir criteris adequats de dimensionament i posar de manifest els compromisos de disseny associats.

Posteriorment, es presenten les diferents alternatives per a la implementació de reguladors de tensió DC–DC, distingint entre reguladors lineals, reguladors commutats i bombes de càrrega. En primer lloc, s'analitza el principi de funcionament de cadascuna d'aquestes solucions, tot destacant-ne els avantatges, les limitacions i els àmbits d'aplicació. A continuació, es realitza un estudi més detallat de cada alternativa mitjançant l'anàlisi dels circuits més representatius, tant per a la reducció com per a l'elevació de la tensió.

Finalment, es descriu el funcionament dels inversors de potència amb control unipolar i bipolar, sense entrar en una anàlisi exhaustiva, amb l'objectiu de proporcionar una visió general del seu funcionament i de les seves principals característques.

Objectius específics:
1. Conèixer les diferents alternatives disponibles per adaptar una font d'energia elèctrica als requisits d'alimentació d'una càrrega determinada.
2. Disposar de criteris per a la selecció del circuit d'acondicionament més adequat en funció de l'aplicació.
3.Dimensionar correctament els components que integren un circuit d'acondicionament d'energia.
4. Interpretar i analitzar les especificacions i característiques proporcionades pels fabricants de circuits d'acondicionament energètic.

Activitats vinculades:
1. Classes magistrals de teoria
2. Projectes de laboratori
3. Examens i controls

Dedicació: 59h
Grup gran/Teoria: 17h
Grup petit/Laboratori: 9h 30m
Aprenentatge autònom: 32h 30m

Fonts d'energia

Descripció:
Descripció de les característiques i dels circuits específics utilitzats quan s'empren com a fonts d'energia la xarxa elèctrica, els panells fotovoltaics i els sistemes d'emmagatzemament amb bateries.

Xarxa de distribució elèctrica
S'hi presenta la topologia de la xarxa elèctrica, descrivint-ne l'estructura general (generació, transport i distribució), així com els diferents esquemes de distribució en baixa tensió (TT, TN i IT). A continuació, s'analitzen els principals problemes associats a la seguretat elèctrica, tant des del punt de vista dels circuits (sobrecorrents i sobretensions) com de la protecció de les persones (risc de xoc elèctric). Finalment, es descriuen les solucions tècniques per prevenir aquests riscos mitjançant la utilització de dispositius de protecció adequats.

Alimentació solar fotovoltaica
S'estudia el funcionament físic de les cel·les fotovoltaiques, el seu model elèctric i les seves característiques corrent–tensió i potència–tensió. Es presenten els principals paràmetres elèctrics d'interès i s'explica com utilitzar-los per estimar l'energia generada en funció de la irradiació solar, la temperatura i la topologia del sistema. Es descriu l'associació de diverses cel·les en sèrie i en paral·lel per formar panells fotovoltaics, així com els problemes derivats d'aquestes configuracions. També s'introdueixen els diferents tipus de cel·les fotovoltaiques de silici (amorfs, policristal·lins i monocristal·lins) i les seves característiques principals. Finalment, s'explica el càlcul de l'energia subministrada per un panell fotovoltaic en funció de la localització geogràfica, la inclinació i les condicions atmosfèriques, així com el seu dimensionament per a una càrrega determinada.

Dispositius d'emmagatzemament energètic
Es descriuen les característiques bàsiques dels principals dispositius d'emmagatzemament electroquímic: bateries primàries i secundàries, supercondensadors i piles de combustible, destacant-ne les diferències fonamentals. En el cas de les bateries secundàries, s'analitzen amb més detall les seves característiques principals, com ara les corbes de càrrega i descàrrega, la tensió nominal, la capacitat, la resistència interna i els diferents tipus existents. També s'introdueixen els circuits associats a la càrrega, la seguretat i la supervisió de les bateries. Finalment, s'explica el dimensionament d'un sistema d'emmagatzemament amb bateries secundàries per a una aplicació determinada, amb especial atenció als sistemes fotovoltaics autònoms.

Objectius específics:
En finalitzar aquest tema, l'estudiant serà capaç de:
1. Identificar i descriure les característiques fonamentals dels diferents tipus de fonts d'energia emprades en sistemes elèctrics i electrònics.
2. Analitzar les particularitats del disseny dels sistemes d'alimentació en funció de la font d'energia utilitzada, considerant-ne les limitacions, els requisits tècnics i els criteris de seguretat.
3. Dimensionar i seleccionar adequadament les fonts d'energia per a una aplicació concreta, tenint en compte les condicions d'operació, la demanda energètica i l'eficiència del sistema.

Activitats vinculades:
1. Classes magistrals de teoria
2. Projectes de laboratori
4. Control

Dedicació: 41h 40m
Grup gran/Teoria: 10h 30m
Grup petit/Laboratori: 9h
Aprenentatge autònom: 22h 10m

Supervisió de l'energia

Descripció:
Es descriuen funcions i variables d'interès en la supervisió d'un sistema d'alimentació i es mostra com determinar-les mitjançant mesures de corrent i de tensió. A partir del seu sensat, s'analitza la cadena de senyal per tal de digitalitzar la informació, tot presentant alguns exemples. Posteriorment, es descriuen amb més detall diferents tipus de sensors de corrent (resistencia shunt, transformadors de corrent i d'efecte Hall) i circuits de condicionament adients. S'introdueix a continuació el disseny d'amplificadors mitjançant amplificadors operacionals, tot introduint els efectes de tensions d'offset, corrents de polarització, CMRR, Slew Rate, i ample de banda.

Objectius específics:
En finalitzar aquest tema, l'estudiant serà capaç de:
1. Identificar i descriure les diferents etapes que componen un sistema de mesura.
2. Reconèixer i comparar els diferents sensors emprats per mesurar el consum de corrent d'una càrrega, així com els seus circuits d'acondicionament corresponents.
3. Interpretar les especificacions tècniques dels amplificadors operacionals a partir de les seves fulles de dades.
4. Identificar i analitzar les topologies més habituals d'amplificadors, tant amb entrada diferencial com amb entrada no diferencial.
5. Analitzar un circuit d'acondicionament de senyal tenint en compte les característiques no ideals dels amplificadors operacionals i el seu impacte en el comportament del sistema.

Activitats vinculades:
1. Classes magistrals de teoria
2. Projectes de laboratori
3. Activitat dirigida
4. Examen

Dedicació: 46h
Grup gran/Teoria: 11h
Grup petit/Laboratori: 8h
Aprenentatge autònom: 27h

Aplicacions dels sistemes d'alimentació

Descripció:
Aquesta última part té una voluntat de resum i integradora del conceptes vistos al llarg de l'assignatura. Es mostren de manera molt breu les característiques fonamentals i el funcionament a nivell de diagrama de blocs d'alguns sistemes d'alimentació. Concretament, es descriuen el funcionament de les fonts d'alimentació, el sistemes d'alimentació ininterrompuda (SAI), els sistemes fotovoltaics i l'alimentació a partir de la xarxa Ethernet i del bus USB.

Objectius específics:
En finalitzar aquest tema, l'estudiant serà capaç de:
1. Identificar i descriure els blocs funcionals que integren els diferents tipus de sistemes d'alimentació.
2. Diferenciar i analitzar les diferents tipologies d'implementació dels sistemes d'alimentació, valorant-ne els avantatges i els inconvenients des del punt de vista tècnic i funcional.

Activitats vinculades:
1. Classes magistrals de teoria
2. Projectes de laboratori
3. Activitat dirigida
4. Examen

Dedicació: 3h 20m
Grup gran/Teoria: 1h
Aprenentatge autònom: 2h 20m

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**.

El sistema d'avaluació de l'assignatura es basa en l'avaluació contínua i s'articula mitjançant diverses activitats avaluables que permeten valorar de manera progressiva l'adquisició dels resultats d'aprenentatge previstos. L'avaluació dels continguts teòrics es realitza a través d'un examen parcial i un examen final, ambdós amb una ponderació del 25 % de la qualificació final, així com mitjançant una prova de control associada a aquesta part, amb un pes del 15 %. L'avaluació de les pràctiques de laboratori es duu a terme mitjançant la valoració del seguiment continuat de l'alumnat, amb una ponderació del 20 %, i a través de controls específics dels projectes desenvolupats durant les sessions de laboratori, que representen un 15 % de la qualificació final.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

L'assistència a les pràctiques de laboratori serà obligatòria.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Franco, Sergio R. Design with operational amplifiers and analog integrated circuits. 3rd ed. Boston [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2001. ISBN 0072320842.
- Guirado Torres, Rafael. Tecnología eléctrica. Madrid [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2006. ISBN 844814807X.
- Roberts, Simon. Solar electricity : a practical guide to designing and installing small photovoltaic systems. New York [etc.]: Prentice Hall, 1991. ISBN 0138263140.
- Stanley, William D. Operational amplifiers with linear integrated circuits. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. ISBN 0130320137.
- Buchmann, Isidor. Batteries in a portable world : a handbook on rechargeable batteries for non-engineers. 3rd ed. British Columbia: Cadex Electronics, cop. 2011. ISBN 9780968211830.
- Erickson, Robert W; Maksimovic, Dragan. Fundamentals of power electronics. 2nd ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, cop. 2001. ISBN 0792372700.

Complementària:
- Linden, David; Reddy, Thomas B. Handbook of batteries. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, cop. 2002. ISBN 0071359788.
- Castañer Muñoz, Luis. Energía solar fotovoltaica. Barcelona: Edicions UPC, 1994. ISBN 8476533756.
- Mohan, Ned ; Undeland, Tore M ; Robbins, William P. Power electronics : converters, applications, and design. 3rd ed. New York [etc.]: John Wiley & Sons, cop. 2003. ISBN 0471226939.
- Pérez García, Miguel Ángel. Instrumentación electrónica. Madrid: Thomson Paraninfo, cop. 2004. ISBN 8497321669.

RECURSOS

Altres recursos:
1. Programari: Proteus i aplicacions específiques desenvolupades en LabVIEW per al control de l'emulador de bateries i de l'emulador solar.
2. Maquinari: Instrumentació de laboratori (multímetre, oscil·loscopi i font d'alimentació), emulador de bateries i emulador solar.
3. Material docent: Apunts de classe, presentacions comentades, vídeos i col·leccions d'exàmens resolts, disponibles a través del campus digital ATENEA.