

# Tecnologia electrònica

Marc Bara Iniesta  
Ana María Escudero Quesada  
Oriol González Llobet  
Asier Ibeas Hernández

PID\_00213635

Material docent de la UOC


**Marc Bara Iniesta**

Enginyer de Telecomunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) des de l'any 1996, on va desenvolupar els estudis de doctorat i va obtenir la titulació de Doctor Europeu l'any 2000. Des de llavors ha desenvolupat la seva carrera professional en la direcció de projectes, en concret en l'àrea de disseny i fabricació d'equips electrònics per a satèl·lits, sector aeroespacial. Des de l'any 2008 exerceix responsabilitats de gestió de programes (*PMO manager*) en aquest entorn. Certificat com a *project management professional*, PMP, pel PMI.


**Ana María Escudero Quesada**

Enginyera de Telecomunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) des de l'any 1999 i DEA en Informàtica i comunicació digital per la Universitat Pompeu Fabra des del 2004. Ha desenvolupat la seva carrera professional en el camp de les radiocomunicacions i de les xarxes de comunicacions. Actualment compagina la seva tasca professional amb diverses tasques docents.


**Oriol González Llobet**

Enginyer tècnic de Telecomunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya des de l'any 2002. Ha desenvolupat la seva carrera professional en l'àmbit de la informàtica de sistemes, que ha compaginat amb la docència de teoria de circuits a la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). També ha participat en diversos projectes de l'àmbit del programari lliure.


**Asier Ibeas Hernández**

Doctor en Ciències Físiques per la Universitat del País Basc amb l'especialitat d'Electrònica i Automàtica. Des de l'any 2005 col·labora com a professor ajudant i professor ajudant doctor al Departament de Telecomunicacions i Enginyeria de Sistemes de la Universitat Autònoma de Barcelona. Les seves línies de recerca se centren en el disseny de controladors per a sistemes amb retard, aplicació de la intel·ligència artificial al control, control adaptable i robust i la seva implementació física en dispositius electrònics.

L'encàrrec i la creació d'aquest material docent han estat coordinats pel professor: Germán Cobo Rodríguez (2012)

Segona edició: setembre 2014

© Marc Bara Iniesta, Ana María Escudero Quesada, Oriol González Llobet, Asier Ibeas Hernández

Tots els drets reservats

© d'aquesta edició, FUOC, 2014

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Disseny: Manel Andreu

Realització editorial: Oberta UOC Publishing, SL

Dipòsit legal: B-15.868-2014



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-Compartir igual (BY-SA) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu modificar l'obra, reproduir-la, distribuir-la o comunicar-la públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), i sempre que l'obra derivada quedi subjecta a la mateixa llicència que el material original. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.ca>.

## Introducció

*Tecnologia electrònica* és la segona assignatura dedicada a l'estudi de l'electrònica analògica en el grau de Tecnologies de Telecomunicació de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Es tracta de la continuació natural de l'assignatura *Teoria de circuits* i al seu torn resulta el pas previ natural a l'assignatura *Electrònica de comunicacions*.

Adquirits ja, doncs, els fonaments de l'electrònica analògica (*Teoria de circuits*) i amb la vista posada en l'anàlisi i el disseny de circuits electrònics de radiofreqüència i aplicats al món de les comunicacions (*Electrònica de comunicacions*), en l'assignatura *Tecnologia electrònica* s'aprofundeix en l'estudi dels components electrònics fonamentals basats en semiconductors (díodes i transistors) i s'analitzen circuits aplicats de tipus més avançat basats en l'ús d'aquests components (circuits amb realimentació, oscil·ladors, amplificadors, monostables, portes lògiques, etc.).

A aquest efecte, els apunts d'aquesta assignatura s'han estructurat en quatre mòduls diferents, els continguts dels quals es resumeixen a continuació.

En el mòdul "El díode. Funcionament i aplicacions" s'estudia a fons el comportament del díode a fi de poder analitzar els circuits electrònics en els quals es troba present. Se n'analitzen les característiques físiques i després s'estudia com modelitzar-ne el comportament elèctric i com aplicar aquests models en la resolució de circuits. El mòdul inclou l'estudi de certs tipus de díodes amb característiques especials, com el fotodíode o el díode LED.

En el mòdul "Realimentació i oscil·ladors. Funcionament i aplicacions" s'estudia detalladament en què consisteix el concepte de *realimentació* i quines aplicacions té en el camp de l'electrònica. S'analitzen les característiques concretes dels dos tipus fonamentals de realimentació (la positiva i la negativa), i també els beneficis i possibles aplicacions de cadascuna. Finalment, s'estudia més detalladament una aplicació especialment important del concepte de realimentació: els circuits oscil·ladors.

El mòdul "El transistor. Estructura física i aplicacions" té l'objectiu de conèixer un dels dispositius semiconductors d'estat sòlid més importants: el transistor. Després de presentar-ne els fonaments, s'aprofundeix en les aplicacions que té en el disseny de circuits electrònics. Es modelitzen i analitzen els dos tipus bàsics de transistor (el BJT i el FET) i se n'estudien diverses aplicacions típiques (amplificadors lineals i portes lògiques, fonamentalment), i també els procediments que permeten analitzar-les i dissenyar-les.

En el mòdul “L’amplificador operacional” s’explica què és un amplificador operacional, quins són els paràmetres que en defineixen el comportament i quin ús se’n pot fer en l’àmbit del disseny de circuits electrònics. S’estudien diferents tipus d’aplicacions de l’amplificador operacional, diferenciant entre dues grans famílies: aplicacions lineals (circuits sumadors, derivadors, filtres, etc.) i no lineals (circuits comparadors, generadors, rectificadors, etc.) de l’amplificador operacional.

Finalment, les anotacions de l’assignatura inclouen un “Annex” en el qual es repassen els elements circuital·s clàssics (resistències, condensadors i bobines) i els teoremes (Kirchhoff, Thévenin, Norton, divisors de tensió i corrent i principi de superposició) i mètodes d’anàlisi de circuits bàsics (el mètode dels corrents de malla i el de les tensions de node) ja presentats i estudiats en l’assignatura *Teoria de circuits*.

### Com estudiar els mòduls?

Al llarg dels diferents mòduls, es van introduint gradualment els conceptes teòrics que es requereixen per tal d’avançar en l’estudi de l’assignatura, així com les fórmules, els models i els procediments —tant conceptuals com matemàtics— necessaris per a comprendre correctament el funcionament dels components i circuits presentats. Tots aquests conceptes i mètodes acaben formant el nucli fonamental de l’assignatura i és del tot necessari estudiar-los detalladament i comprendre’ls en tota la seva profunditat a fi d’assolir els objectius de l’assignatura adequadament.

Paral·lelament a l’explicació i el desenvolupament dels conceptes teòrics, van apareixent diferents exemples en forma d’exercicis. Aquests exemples poden perseguir dos objectius: exemplificar l’explicació prèvia o explicar un concepte nou, més fàcil d’exposar a partir d’un exemple concret. Tant en un cas com en un altre, en arribar a un exemple resulta molt convenient seguir els càlculs amb tot detall i fins i tot intentar reproduir-los. Això pot resultar de gran ajuda a fi de consolidar els nous conceptes apresos i arribar a comprendre’ls completament.

Al final del desenvolupament de cada mòdul, hi ha un apartat de problemes resolts. Aquests problemes, a diferència dels exemples, estan pensats per a ser resolts directament, sense consultar el procés complet de la resolució, que és proporcionat únicament per a poder verificar l’estratègia de resolució adoptada o per a descobrir estratègies alternatives de resolució.

Finalment, en l’apartat “Exercicis d’autoavaluació” es planteja tot un conjunt de preguntes amb la solució final (que no el procés de resolució) adjunta. Aquests exercicis d’autoavaluació permeten avaluar el grau de comprensió dels conceptes fonamentals i d’adquisició dels objectius associats a l’estudi del mòdul, per la qual cosa resulten de gran utilitat a fi de detectar conceptes que no hagin quedat del tot clars.

És important tenir en compte que l'estudi d'aquesta assignatura no consisteix únicament a asseure's i llegir, sinó també a pensar, analitzar i reflexionar sobre els conceptes teòrics, les metodologies de resolució de problemes aplicats i els resultats concrets obtinguts en resoldre un problema. A causa d'això, és fonamental saber resoldre tots els exemples i problemes proposats i respondre correctament totes les preguntes plantejades.

## Objectius

L'estudi dels mòduls descrits prèviament permetrà a l'estudiant adquirir els coneixements necessaris per a assolir els objectius generals següents:

- 1.** Entendre què és i com es comporta un díode. Conèixer els diversos models simplificats que ens faciliten l'anàlisi de circuits amb díodes.
- 2.** Aprendre a analitzar circuits que contenen díodes. Conèixer com s'aplica el díode en circuits rectificadors, limitadors i reguladors.
- 3.** Conèixer el fotodíode i el seu funcionament. Entendre com es comporta un díode LED.
- 4.** Entendre el concepte de *realimentació* i els beneficis que ens aporten els circuits amb realimentació.
- 5.** Identificar els dos tipus bàsics de realimentació: la realimentació positiva i la realimentació negativa.
- 6.** Analitzar i dissenyar circuits amb realimentació negativa. Entendre què és un oscil·lador a partir del concepte de realimentació positiva.
- 7.** Estudiar i analitzar els oscil·ladors més comuns. Analitzar un tipus d'oscil·lador emprat al món real: l'oscil·lador de cristall de quars.
- 8.** Conèixer l'estructura física dels transistors més utilitzats en baixa freqüència. Conèixer els models elèctrics utilitzats per a descriure'n el funcionament.
- 9.** Saber calcular el punt i regió de treball d'un transistor. Aprendre a dissenyar xarxes de polarització de transistors.
- 10.** Conèixer configuracions típiques de circuits amplificadors. Analitzar el funcionament de circuits d'amplificació basats en transistors.
- 11.** Conèixer com sintetitzar portes lògiques utilitzant transistors.
- 12.** Entendre què és un amplificador operacional i quines funcionalitats proporciona. Ser capaç d'entendre les especificacions dels amplificadors operacionals reals.
- 13.** Saber utilitzar l'amplificador operacional per a construir/dissenyar circuits electrònics bàsics com amplificadors, sumadors i integradors.
- 14.** Entendre quins usos pot tenir l'amplificador operacional en circuits no lineals com comparadors, temporitzadors i rectificadors.
- 15.** Ser capaç d'analitzar i predir el comportament de circuits basats en amplificadors operacionals.

- 16.** Ser capaç de, donada una aplicació que requereixi un circuit electrònic que sintetitzi operacions de càlcul, proposar i analitzar una topologia amb amplificadors operacionals que sigui apta.

## Continguts

Mòdul didàctic 1

### **El díode. Funcionament i aplicacions**

Oriol González Llobet

1. Materials semiconductors. La unió PN
2. El díode. Comportament i modelització
3. Anàlisi de circuits amb díodes
4. Aplicacions dels díodes
5. Altres tipus de díode
6. Problemes resolts

Mòdul didàctic 2

### **Realimentació i oscil·ladors. Funcionament i aplicacions**

Ana María Escudero Quesada

1. Circuits amb realimentació
2. Oscil·ladors
3. Problemes resolts

Mòdul didàctic 3

### **El transistor. Estructura física i aplicacions**

Asier Ibeas Hernández

1. El transistor bipolar d'uníó
2. El transistor a freqüències intermèdies i petit senyal
3. El transistor d'efecte de camp
4. Problemes resolts

Mòdul didàctic 4

### **L'amplificador operacional**

Marc Bara Iniesta

1. L'amplificador operacional (AO)
2. Aplicacions lineals de l'AO
3. Aplicacions no lineals de l'AO
4. Problemes resolts

Annex

### **Teoremes de xarxes elèctriques**

Oriol González Llobet i Asier Ibeas Hernández

1. Elements bàsics d'anàlisi de circuits



## Bibliografía

**Boylestad, R.; Nashelsky, R.** *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (8ª. ed.). Pearson / Prentice Hall.

**Casilari, E; Romero, J. M.; De Trazenies, C.** (2003). *Transistores de efecto campo*. Ediciones de la Universidad de Málaga (sèrie “Manuales”).

**Clayton, G.; Winder, S.** (2003). *Operational amplifiers* (5ª. ed). Newnes.

**Coughlin, R. F.; Driscoll, F. F.** (2001). *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales* (5ª. ed.). Prentice Hall.

**Franco, S.** (2004). *Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos* (3ª. ed.). McGraw-Hill.

**Hambley, A. R.** *Electrónica* (2ª. ed.). Pearson / Prentice Hall.

**López, G; García J. M.** (1993). *Física de los dispositivos electrónicos*. Imprenta Fareso.

**Malik, N. R.** (2000). *Circuitos electrónicos*. Madrid: Prentice Hall.

**Malvino, A. P.** (2000). *Principios de electrónica*. Madrid: McGraw-Hill.

**Millman, J.; Halkias, C. C.** (1991). *Electrónica integrada: circuitos y sistemas analógicos y digitales*. Barcelona: Hispano Europea.

**Pérez Navarro, A.; Martínez Carrascal, J. A.; Muñoz Medina, O.** (2006). *Fundamentos tecnológicos II*. Material didàctic UOC.

**Prat Viñas, L.** (1994). *Circuitos y dispositivos electrónicos*. Barcelona: Ediciones UPC.

**Prat, L.; Calderer, J.** (2003). *Dispositivos electrónicos y fotónicos*. Fundamentos. Edicions UPC.

**Thomas, R. E; Rosa, A. J.** (2002). *Circuitos y señales: introducción a los circuitos lineales y de acoplamiento*. Barcelona: Reverté.

