

Titulació	Tipus	Curs
2500895 Enginyeria Electrònica de Telecomunicació	OB	2
2500898 Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació	OB	2

### **Professor/a de contacte**

Nom: Mercedes Rullan Ayza

Correu electrònic: mercedes.rullan@uab.cat

### **Equip docent**

Joaquin Saiz Alcaine

Antonio Jose Velasco Gonzalez

Lluís Antoni Teres Teres

Eloi Ramon Garcia

Victor Montilla Gispert

Raimon Casanova Mohr

Jordi Sacristan Riquelme

### **Idiomes dels grups**

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

### **Prerequisits**

No hi ha prerequisits formals però es recomana haver cursat les assignatures de Fonaments d'Informàtica i Teoria de Circuits i Electrònica de primer curs.

### **Objectius**

Es tracta d'una assignatura de formació bàsica que s'imparteix en el segon curs, primer semestre de la titulació i constitueix el nexa d'unió entre les assignatures de primer curs de Teoria de Circuits i Electrònica i els Fonaments d'Informàtica amb l'Arquitectura de Computadors i Perifèrics de segon curs.

L'objectiu de l'assignatura és que els estudiants compreguin el paper que els sistemes digitals juguen en el món de la informàtica, siguin capaços de dissenyar i implementar circuits digitals de complexitat mitjana-baixa utilitzant portes lògiques i dispositius reconfigurables i entenguin que un computador no és sinó un sistema

digital de certa complexitat. A la última part del curs s'aborden les metodologies basades en arquitectures "Unitat de Procés - Unitat de Control (UP-UC)" per resoldre sistemes digitals d'una certa complexitat tot introduint els conceptes bàsics d'aquestes arquitectures tant en la seva versió "cablejada" (UC feta amb portes i blocs lògics) com "microprogramada" (UC basada en ROM + seqüenciador). Finalment es tanca aquest bloc i l'assignatura veient el disseny d'un processador de codi obert (RISC-V) a partir del seu repertori d'instruccions i aplicant les arquitectures UP-UC anteriors.

## Competències

Enginyeria Electrònica de Telecomunicació

- Aprendre nous mètodes i tecnologies a partir dels coneixements bàsics i dels tecnològics, i tenir versatilitat per adaptar-se a noves situacions
- Hàbits de pensament
- Hàbits de treball personal
- Treball en equip

Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació

- Aprendre nous mètodes i tecnologies a partir dels coneixements bàsics i dels tecnològics, i tenir versatilitat per adaptar-se a noves situacions
- Aprendre nous mètodes i tecnologies a partir dels coneixements bàsics i dels tecnològics, i tenir versatilitat per adaptar-se a noves situacions.
- Hàbits de pensament.
- Hàbits de treball personal
- Treball en equip

## Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar i dissenyar circuits combinacionals i seqüencials, síncrons i asíncrons, i d'utilització de microprocessadors i circuits integrats.
2. Aplicar els fonaments de llenguatges de descripció de dispositius de maquinari.
3. Desenvolupar aplicacions en temps real.
4. Desenvolupar el pensament sistèmic.
5. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
6. Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i de síntesi.
7. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics.
8. Gestionar el temps i els recursos disponibles.
9. Gestionar el temps i els recursos disponibles. Treballar de forma organitzada.
10. Treballar cooperativament.
11. Utilitzar eines informàtiques de recerca de recursos bibliogràfics o d'informació relacionada amb les telecomunicacions i l'electrònica.
12. Utilitzar els fonaments de disseny, verificació i validació de programari en la descripció de sistemes de maquinari basats en llenguatges de descripció del maquinari a alt nivell.

## Continguts

Bloc 1. Circuits combinacionals (CC)

- Senyals i sistemes digitals. Descripció d'un sistema digital. Sistemes Electrònics Digitals (SED). Transistors MOS. Portes AND, OR i INV. Síntesi de SED com a procés de refinament progressiu.
- Definició de Circuit Combinacional. Síntesi des de taules I: ROM. Síntesi des de taules II: portes lògiques.
- Àlgebra de Boole. Taules de veritat.
- Portes NAND, NOR, XOR, NXOR. Buffers 3-state.

- Prestacions: Temps de resposta. Cost hardware
- Mòduls combinacionals: multiplexors, descodificadors, plànols AND-OR (PLAs), ...
- Eines de síntesi: Síntesi des d'algorismes.

## Bloc 2. Circuits seqüencials (CS)

- Necessitat dels circuits seqüencials. Definició d'un CS. Estats i sincronització. Circuits seqüencials síncrons. Rellotge, reset i set.
- Descripció explícita de CS. Grafs de comportament i taules.
- Components bàsics: biestables, flip flops i latxos.
- Síntesi de CS a partir de taules. Màquines de Moore i Mealy. Codificació d'estats.
- Registres, comptadors, memòries. Estructures, tipus i usos més freqüents d'aquests mòduls.
- Màquines d'estats finits (MEF). Definició formal. Implementació i temps de resposta.
- Llenguatge de descripció de hardware: VHDL. Exemples de descripció d'una MEF amb VHDL.
- Síntesi de CS des d'algorisme.
- Implementació física de Sistemes Digitals. FPGAs i altres estratègies d'implementació.

## Bloc 3. Arquitectura Unitat de Procés-Unitat de Control (UP-UC) i disseny d'un processador

- Arquitectura Unitat de Procés(UP)- Unitat de Control (UC).
- UP amb multiplexors. UP amb busos.
- Unitat de Control com a una MEF implementada amb blocs i portes o amb seqüenciador més una ROM.
- Estructura bàsica d'un processador simple. Arquitectura Von Neumann vs Harvard. Unitats funcionals i busos.
- Repertori d'instruccions del processador. Conceptes bàsics de llenguatge màquina. Micro-ordres i senyals de condició (status).
- Exemple de processador de codi obert: RISC-V
- Arquitectura Harvard. Cicles de cerca (*fetch*), descodificació (*decode*) i execució.
- Microinstruccions i microprogrames.
- Implementació microprogramada de la Unitat de Control.
- Relacions entre hardware, firmware y software.

## Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes de problemes	18	0,72	1, 4, 5, 6, 7, 9, 10
Classes presencials	26	1,04	1, 2, 6, 7, 11, 12
Pràctiques de laboratori	18	0,72	2, 5, 9, 10, 12
Tipus: Supervisades			
Estudi de casos	18	0,72	5, 7, 9
Treballs complementaris de pràctiques	10	0,4	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12
Tipus: Autònomes			
Estudi autònom	39	1,56	5, 8, 9
Estudi del material audiovisual	18	0,72	5, 6, 7, 8, 9

Preparació de treball al laboratori	30	1,2	9, 10
Resolució de problemes	32	1,28	1, 2, 11, 12

L'assignatura s'organitza en tres blocs. Els materials que s'ofereixen a través del Campus Virtual inclouen una sèrie de vídeos que l'estudiantat ha de visualitzar abans d'assistir a classe i que contenen els coneixements teòric-pràctics necessaris per al disseny de sistemes digitals, exercicis interactius de correcció automàtica i una entorn de simulació de sistemes digitals.

L'assignatura s'imparteix en modalitat "problemes d'aula". Totes les classes presencials es tracten com sessions basades en problemes. Les classes es dediquen a la resolució de qüestions i dubtes dels vídeos, i de casos proposats pel professor. Els estudiants han de participar activament en aquestes classes; no es tracta de classes convencionals "de teoria". Tenen lloc en grups petits (de l'ordre de 40-50 estudiants), condició indispensable per assolir el grau d'interactivitat necessari en una assignatura de caràcter eminentment pràctic.

L'assignatura es completa amb unes pràctiques al laboratori on l'alumnat desenvolupa i simula parts d'un petit processador que s'acaba implementant sobre una FPGA. Es fa servir un entorn de disseny i simulació per a circuits lògics programables d'INTEL-ALTERA. L'alumnat es familiaritza amb els conceptes de captura d'esquemes, simulació funcional, simulació temporal i amb la descripció de sistemes digitals senzills mitjançant un llenguatge de descripció de hardware (VHDL). Cada sessió té una durada de 3h i el treball es desenvolupa en equips de dues persones.

Les tutories podran ser individuals o en petits grups i es faran a demanda i en coordinació entre cada professor i els estudiants. També hi podran haver tutories col·lectives que podrà proposar l'equip docent, però aquestes requeriran l'enviament previ al fòrum corresponent del Campus Virtual (CV) d'aquelles preguntes concretes sobre conceptes o exercicis que calgui resoldre per tal que el professorat pugui planificar i realitzar adequadament la tutoria.

Competències transversals. En aquesta assignatura es treballen i avaluen les següents competències transversals:

- T01.01 - Desenvolupar un pensament i un raonament crítics, T01.02 - Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i de síntesi i T01.04 - Desenvolupar el pensament sistèmic: es treballen fonamentalment en la resolució de problemes en les classes presencials i s'avaluen en les corresponents proves parcials.
- T02.02 - Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom i T02.03 - Gestionar el temps i els recursos disponibles. Treballar de forma organitzada: es treballa principalment amb la visualització del material audiovisual (abans de les sessions presencials) i també mitjançant la realització de qüestionaris per l'aula Moodle, que permeten a l'estudiantat saber si ha entès el tema d'aquella setmana (autoavaluació). També hi ha d'altres qüestionaris que han d'ésser realitzats i lliurats per l'alumnat abans d'unes dates preestablertes i els resultats obtinguts en aquests qüestionaris es tindran en compte en l'avaluació
- T03.01 - Treballar cooperativament: es treballa fonamentalment en les practiques realitzades en grups de 2 estudiants i s'avalua al llarg de les sessions practiques.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

## Avaluació

### Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
-------	-----	-------	------	--------------------------

3 proves parcials i/o prova final	50%	8	0,32	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12
Lliurament de problemes	20%	8	0,32	5, 6, 7, 8, 9
Pràctiques de laboratori	30%	0	0	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 12

**Aquesta assignatura no preveu el sistema d'avaluació única.**

#### **a) Procés i activitats d'avaluació programades**

L'avaluació dels estudiants inclou les següents activitats:

1. Tres proves parcials (una per bloc), a realitzar individual i presencialment en format escrit. Aquestes proves parcials avaluen el coneixement adquirit per l'estudiantat i la seva capacitat de dissenyar circuits digitals eficients.
2. Resolució d'exercicis: comprèn un conjunt d'exercicis on-line, amb correcció automàtica, que l'estudiantat ha de lliurar en unes dates prèviament especificades.
3. Visualització dels vídeos abans d'assistir a classe.
4. A cada sessió de pràctiques s'avalua la preparació i el treball corresponent a aquella sessió, i l'assistència en base a la modalitat presencial o no presencial que s'estableixi. Atenent a les circumstàncies i en els casos que s'estimi oportú pot ser necessari programar un examen de pràctiques per completar l'avaluació.

La nota del curs obtinguda per avaluació continua (AC) es calcula a partir de:

1. (activitat 1) La mitjana de les notes obtingudes en les tres proves parcials (*PP1*, *PP2* i *PP3*),
2. (activitats 2 i 3) el lliurament d'exercicis i visualització dels vídeos (*Pb*)
3. (activitat 4) la nota obtinguda a les activitats de laboratori (*PL*),

d'acord amb la fórmula:  $AC = PP \cdot 0,5 + PL \cdot 0,3 + Pb \cdot 0,2$

on  $PP = (PP1+PP2+PP3)/3$

Per aprovar el curs per avaluació continua s'han de complir les següents condicions:

1.  $AC \geq 5$ ,
2.  $PP1$ ,  $PP2$  y  $PP3 \geq 4$  (cadascuna d'elles), i  $PP \geq 5$ .
3.  $PL \geq 5$ .

#### **b) Programació d'activitats d'avaluació**

Les dates de les proves d'avaluació i del lliurament d'exercicis es publiquen a l'inici del curs al Campus Virtual (CV) i a la web de l'Escola (apartat d'exàmens), i poden estar subjectes a canvis de programació a causa de situacions imprevistes. Qualsevol modificació d'aquestes s'avisarà a través d'aquesta plataforma.

És important puntualitzar que no es realitzarà cap examen a cap estudiant fora dels dies programats a l'efecte, llevat que hi concorrin causes justificades que s'hagin informat abans de la data prevista, i amb el consentiment del professor.

#### **c) Procés de recuperació**

L'activitat 1 d'avaluació corresponent a la teoria es pot recuperar en la prova final.

- Si la nota obtinguda en una o dos de les proves parcials *PP1*, *PP2* o *PP3* és  $< 4$ , s'ha de superar aquesta qualificació presentant-se a un examen de recuperació del bloc/s corresponent/s. Per aprovar el curs la nota obtinguda en aquesta recuperació ha de ser  $\geq 5$  (en el cas de recuperar dos parcials, serà considerada com una nota global dels dos parcials), i la nova nota *PP* mitjana ha de ser  $\geq 5$ .

- Si la nota obtinguda respectivament en els tres parcials és  $< 4$ , l'estudiant ha de presentar-se a un nou examen que inclourà tota la matèria. La nota obtinguda serà la nova nota *PP*, que ha de ser  $\geq 5$  per a superar el curs.

Si finalment  $PP < 5$  o  $PL < 5$ , la nota final de l'assignatura serà el valor més baix entre la nota *AC* i 4,5.

Les activitats 2 i 3 (lliurament d'exercicis i visualització dels vídeos) que corresponen a un 20% de la nota final i l'activitat 4 (pràctiques de laboratori) que corresponen a un 30% de la nota final no es poden recuperar.

#### d) Procediment de revisió de les qualificacions

Les notes de les activitats d'avaluació es publiquen en el CV. S'informarà del procediment de revisió un cop publicades les notes i normalment consistirà en establir un termini perquè els estudiants sol·licitin la revisió i en funció de les peticions rebudes s'informarà a l'estudiantat sobre la data i termini concret per fer la revisió. Si l'estudiant no segueix el procediment establert a la revisió o no es presenta a la revisió no es revisarà posteriorment aquesta activitat.

#### e) Qualificacions especials

- s'avaluarà amb un "no-avaluable" a l'estudiant que no hagi participat en cap prova d'avaluació o pràctiques de laboratori.
- per obtenir una "matrícula d'honor (MH)" la nota final obtinguda per l'estudiant ha de ser  $\geq 9,0$ . No obstant això, atès que el nombre de MHs no pot excedir el 5% del nombre d'estudiants matriculats en l'assignatura, aquesta condició no és suficient i, per tant, les MH s'assignaran als estudiants que hagin obtingut les qualificacions més altes.

#### f) Conseqüències de les irregularitats comeses pels estudiants: còpia i plagi,...

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa acadèmica vigent, les irregularitats comeses per un/a estudiant que puguin conduir a una variació de la qualificació en una activitat avaluable es qualificaran amb un zero (0). Les activitats d'avaluació qualificades d'aquesta forma i per aquest procediment no seran recuperables. Si és necessari superar qualsevol d'aquestes activitats d'avaluació per aprovar l'assignatura, aquesta assignatura quedarà suspesa directament, sense oportunitat de recuperar-la en el mateix curs. Aquestes irregularitats inclouen, entre d'altres:

- la còpia total o parcial d'una pràctica, informe, o qualsevol altra activitat d'avaluació;
- deixar copiar;
- presentar un treball de grup no fet íntegrament pels membres del grup (aplicat a tots els membres, no solament als que no han treballat);
- ús no autoritzat de la IA (p. ex, Copilot, ChatGPT o equivalents) per a resoldre exercicis, pràctiques i/o qualsevol altra activitat avaluable;
- presentar com a propis materials elaborats per un tercer, encara que siguin traduccions o adaptacions, i en general treballs amb elements no originals i exclusius de l'estudiant;
- tenir dispositius de comunicació (com telèfons mòbils, smart watches, bolígrafs amb càmera, etc.) accessibles durant les proves d'avaluació teórico-pràctiques individuals (exàmens);
- parlar amb companys durant les proves d'avaluació teórico-pràctiques individuals (exàmens);
- copiar o intentar copiar d'altres alumnes durant les proves d'avaluació teórico-pràctiques (exàmens); - usar o intentar usar escrits relacionats amb la matèria durant la realització de les proves d'avaluació teórico-pràctiques (exàmens), quan aquests no hagin estat explícitament permesos.

En edicions futures d'aquesta assignatura, l'alumnat que hagi comès irregularitats en un acte d'avaluació no se li convalidarà cap de les activitats d'avaluació realitzades.

En resum: copiar, deixar copiar o plagiar (o l'intent de) en qualsevol de les activitats d'avaluació equival a un SUSPENS, no compensable i sense convalidacions de parts de l'assignatura en cursos posteriors.

#### g) Avaluació dels estudiants repetidors

Els estudiants que van realitzar i aprovar les pràctiques de laboratori l'any anterior, però que van suspendre l'assignatura, poden optar per no repetir les pràctiques el curs actual. En aquest cas, la nota de pràctiques (PL) serà un 5, independentment de la nota obtinguda el curs anterior. La llista d'estudiants que poden triar no realitzar les pràctiques es publica en el CV al començament del curs. Si, de tota manera, un estudiant vol repetir les pràctiques, haurà d'informar via correu electrònic al professor responsable de les pràctiques.

Si un estudiant ha comès irregularitats (còpies/plagi) en alguna activitat d'avaluació en una convocatòria anterior de l'assignatura no tindrà dret a que se li convalidin les pràctiques (si les tingués aprovades).

A partir de la segona matrícula i si l'estudiant té les pràctiques aprovades i opta per convalidar-les, pot escollir que el sistema d'avaluació sigui:

1. fer l'avaluació normal (continua + recuperació final) establerta en l'apartat "a) Procés i activitats d'avaluació programades" on se li mantindria un 5 a les pràctiques però no es mantindria la nota dels exercicis.
2. substituir l'avaluació contínua per un examen final (en la data del tercer parcial) i tenir en compte la seva nota de pràctiques i d'exercicis del curs anterior (5 com a màxim en cada cas):

nota final =  $0,5 * \text{prova final} + 0,3 * \text{nota de les pràctiques del curs anterior (un 5)} + 0,2 * \text{nota exercicis curs anterior (un 5)}$

Si l'estudiant suspèn té una segona oportunitat en aquesta alternativa 2) que seria fer de nou un examen final de tota la matèria en les dates de la recuperació final, mantenint-se les mateixes condicions per les pràctiques i els exercicis (màxim un 5)

Per poder optar a aquesta avaluació diferenciada(2), l'alumnat repetidor l'ha de demanar al responsable de l'assignatura mitjançant correu electrònic com a molt tard 15 dies després de l'inici de les classes.

## Bibliografia

- Apunts de l'assignatura realitzats pel professorat.
- Coursera MOOC (español): <https://www.coursera.org/learn/sistemas-digitales>
- Coursera MOOC (inglés): <https://www.coursera.org/learn/digital-systems>
- Digital Systems: From Logic Gates to Processors. Deschamps JP, Valderrama E, Terés L. Springer 2017. ISBN 978-3-319-41198-9.
- Complex Digital Systems. Deschamps JP, Valderrama E, and Terés L. Springer 2019. ISBN 978-3-030-12652-0.
- Diseño de Sistemas Digitales. Deschamps JP, Ed. Paraninfo 1989. ISBN 84-283-1695-9.
- Digital Systems Fundamentals. T.L. Floyd. Ed. Prentice Hall. 9ª Edición ISBN: 8483220857.
- Arquitecturas UP-UC: de los sistemas digitales a medida al procesador de propósito general RISC-V. Valderrama E., Deschamps J-P., Rullan M. y Terés, L. Apuntes del bloque-3 del curso.
- Desenvolupament del microprocessador LittleProc: des de la primera porta lògica fins a una plataforma reconfigurable. J. Saiz, A. Portero, R. Aragonès. Materials 234. Servei de Publicacions de la UAB; ISBN (paper format): 978-84-490-2700-0, ISBN (e-book): 978-84-490-2699-7.

## Programari

Per fer les pràctiques utilitzarem el software d'Altera Quartus II 9.0 WebEdition. Els alumnes s'hauran d'instal·lar aquest software, que no requereix cap tipus de llicència.

## Llista d'idiomes

Nom	Grup	Idioma	Semestre	Torn
(PAUL) Pràctiques d'aula	311	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PAUL) Pràctiques d'aula	312	Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt
(PAUL) Pràctiques d'aula	313	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PAUL) Pràctiques d'aula	331	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PAUL) Pràctiques d'aula	332	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	311	Català/Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	312	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	313	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	314	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	315	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	316	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	317	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	318	Català	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	319	Català/Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt
(PLAB) Pràctiques de laboratori	320	Català/Espanyol	primer quadrimestre	matí-mixt