

**Arquitectura de computadores**

Codi: 102775

Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2502441 Enginyeria Informàtica	OB	2	2

**Professor de contacte**

Nom: Miquel Àngel Senar Rosell

Correu electrònic: MiquelAngel.Senar@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: català (cat)

Grup íntegre en anglès: No

Grup íntegre en català: Sí

Grup íntegre en espanyol: Sí

**Equip docent**

Juan Carlos Moure Lopez

Santiago Marco Sola

**Prerequisits**

Encara que no hi ha prerequisits formalment establerts, és indispensable un bon coneixement del llenguatge de programació C i de l'estructura bàsica del computador, incloent la organització de la jerarquia de memòria, i entendre el llenguatge ensamblador (Resultats d'Aprenentatge d'Estructura de Computadors).

**Objectius**

1. Entendre les tècniques arquitectòniques basades en paral·lelisme per millorar el rendiment del computador.
2. Entendre el principi de localitat d'accés a dades i les solucions arquitectòniques aplicades a la jerarquia de memòria.
3. Descriure les tècniques d'avaluació de rendiment, les mètriques emprades, i els mètodes de visualització de resultats.
4. Avaluar el rendiment de fragments d'aplicacions en sistemes de còmput multi-nucli i GPU, seleccionant les tècniques d'avaluació adequades.
5. Analitzar els colls d'ampolla del rendiment de l'execució d'un fragment de programa: límits per capacitat d'execució dels recursos del computador, límits per dependències de dades i latències de les operacions, i límits per fallades a la jerarquia de memòria.
6. Fer servir l'anàlisi per a seleccionar el sistema de còmput adequat a una aplicació i/o aplicar optimitzacions del codi que millorin el seu paral·lelisme (a nivell d'instrucció i de fils d'execució) i la localitat d'accés a les dades.

**Competències**

- Capacitat per definir, avaluar i seleccionar plataformes de maquinari i programari per al desenvolupament i l'execució de sistemes, serveis i aplicacions informàtiques.

- Capacitat per dissenyar, desenvolupar, seleccionar i avaluar aplicacions i sistemes informàtics, assegurant-ne la fiabilitat, la seguretat i la qualitat, d'acord amb els principis ètics i la legislació i la normativa vigents.
- Coneixement, administració i manteniment de sistemes, serveis i aplicacions informàtiques.
- Conèixer, comprendre i avaluar l'estructura i arquitectura dels computadors, així com els components bàsics que els conformen.
- Conèixer i aplicar els principis fonamentals i tècniques bàsiques de la programació paral·lela, concurrent, distribuïda i de temps real.
- Tenir una actitud personal adequada.

## Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar i entendre la translació que fa el computador del codi font original per generar el codi binari executable.
2. Analitzar les diverses alternatives de disseny d'un computador en funció de paràmetres tècnics (prestacions) i econòmics (costos).
3. Conèixer, administrar i mantenir sistemes informàtics des del punt de vista hardware.
4. Conèixer i aplicar els principis fonamentals i tècniques bàsiques de la programació paral·lela i de temps real.
5. Confeccionar codi eficient per ser executat en arquitectures multinucli i multiprocessador.
6. Dissenyar, desenvolupar, seleccionar i avaluar sistemes informàtics, assegurant la seva fiabilitat, seguretat i qualitat.
7. Entendre el llenguatge ensamblador per depurar errors en el codi font i per detectar problemes de rendiment.
8. Generar propostes innovadores i competitives en l'activitat professional.
9. Gestionar la informació incorporant de manera crítica les innovacions del propi camp professional, i analitzar les tendències de futur.
10. Identificar anomalies, ineficiències i colls d'ampolla de rendiment en executar un programa en un computador monoprocesador, tant en còmput com en accés a memòria, i proposar modificacions al programa per millorar el rendiment.
11. Identificar l'arquitectura i organització dels microprocessadors actuals, des dels sistemes monoprocesador fins als sistemes multinucli.
12. Mesurar el temps d'execució d'un programa en un processador i el recompte d'instruccions executades.

## Continguts

### 1. Fonaments de Disseny i Avaluació dels Computadors

- Latència, Paral·lelisme i Localitat
- Cost, Rendiment, Consum Energètic i Fiabilitat
- Mètriques i Tècniques d'Avaluació del Rendiment
- Mètodes de Visualització de Resultats

### 2. Jerarquia de Memòria: Funcionalitat i Tasa de Fallades

- Funcionament de la Jerarquia de Memòria: Caché, Memòria i Disc
- Bloc i línia de Caché. Algorismes d'emplaçament i reemplaçament
- Tassa de Fallades i Rendiment de l'execució seqüencial
- Patrons d'Accés a Memòria
- Optimitzacions de codi per a millorar la localitat d'accés a les dades

### 3. Paral·lelisme al nucli d'Execució del Processador i a la Jerarquia de Memòria

- Segmentació de l'execució: Latència i Capacitat d'execució
- Execució Múltiple d'instruccions i Predicció de Salts
- Anàlisi de dependències entre instruccions i de límits de capacitat del processador
- Instruccions explícites per aprofitar el Paral·lelisme de Dades (SIMD)
- Paral·lelisme en l'accés a la jerarquia de memòria: Latència i Amplada de Banda

- Optimitzacions de codi que aprofiten el paral·lelisme intern del processador

#### 4. Paral·lelisme al Computador

- Processadors Multi-fil i Multi-nucli, GPUs, Multiprocessadors i Multicomputadors.
- Rendiment, Eficiència i Escalabilitat de Sistemes Multi-Nucli i Multi-fil
- Models de Paral·lelisme amb variables compartides
- Paral·lelització de bucles amb OpenMP i CUDA

### Metodologia

**Classes de Teoria:** s'exposaran els coneixements propis de l'assignatura. Es descriuran els conceptes bàsics i s'indicaran exemples i petits problemes de com fer-los servir en la pràctica. Es ressaltaran els problemes d'aprenentatge més importants i es mostrarà com completar i aprofundir en els continguts. Es discutiran casos pràctics i el professor detectarà els problemes de comprensió i raonament més comuns i els resoldrà per a tots els estudiants.

**Classes de Problemes:** es faran activitats cooperatives de resolució de problemes. A partir del treball previ individual dels alumnes, aquests faran una posta en comú en grup i resoldran els dubtes que hagin pogut sorgir. El professor detectarà els problemes de comprensió i raonament més comuns i els resoldrà per grups o per a tots els estudiants. Aquests seminaris permetran aportar els coneixements que li falten a l'estudiant o indicar on es poden adquirir. Serviran de pont entre les classes de teoria i el treball pràctic. Les classes de problemes són avaluables, i en certes sessions pre-establertes els alumnes resoldran problemes lliurats al començament de la sessió i que s'hauran d'entregar al finalitzar la sessió com a evidències avaluables.

**Classes de Laboratori:** serviran de suport a la teoria. Els alumnes disposaran de la informació de pràctiques amb temps suficient abans de cada sessió, i hauran de preparar la part prèvia indicada a l'informe per tal que el professor, al començament de la sessió, la pugui revisar. Durant la sessió els alumnes hauran d'informar al professor sobre els seus avenços i els problemes que es puguin trobar, i en finalitzar la sessió entregaran un document amb els resultats de la pràctica i un resum dels problemes trobats.

**Competències transversals:** Seran treballades i avaluades en diversos moments al llarg del curs. Concretament:

- **T06.03 - Generar propostes innovadors i competitives en l'activitat professional:** al llarg del curs es treballaran exemples per il·lustrar de quina forma es poden proposar diferents solucions a un mateix problema, avaluant-ne la seva rellevància des d'un punt de vista del rendiment obtingut. A les classes de laboratori s'avaluarà aquesta competència mitjançant exercicis que els estudiants hauran de resoldre aportant solucions que tinguin aspectes originals i innovadors.
- **T06.04 - Gestionar la informació incorporant de manera crítica les innovacions del propi camp professional, i analitzar les tendències del futur:** al llarg del curs es presentaran aquells elements que siguin més innovadors des del punt de vista de l'arquitectura dels nous processadors. A les classes de laboratori s'inclouran preguntes específiques sobre aquestes innovacions tecnològiques contrastant-les amb els equips usats en la resolució dels exercicis pràctics.

### Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
<b>Tipus: Dirigides</b>			
Classes de Teoria	26	1,04	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11
Pràctiques de Laboratori	12	0,48	1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12
Problemes	12	0,48	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10
<b>Tipus: Autònomes</b>			

Estudi i Preparació de Proves	30	1,2	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Preparació de Pràctiques	32	1,28	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Preparació de Problemes	30	1,2	1, 4, 5, 7, 10, 11, 12

## Avaluació

Les dates d'avaluació continuada i lliurament de treballs es publicaran a la plataforma Moodle de la UAB i poden estar subjectes a possibles canvis de programació per motius d'adaptació a possibles incidències; sempre s'informarà al Moodle sobre aquests canvis ja que s'entén que és la plataforma habitual d'intercanvi d'informació entre professor i estudiants. Els estudiants que siguin repetidors hauran de fer les mateixes activitats que la resta i no es preveu cap mena de convalidació per activitats realitzades en cursos anteriors.

**Proves individuals (I1, I2; 15+15 punts)** de resolució de problemes, de preguntes teòriques i de preguntes relacionades amb les pràctiques de laboratori. L'avaluació de l'alumne es farà a partir de les respostes de les proves.

**Problemes resolts en grup (Prb; 20 punts en total)**. Es fan durant la sessió de problemes i el lliurament es fa al finalitzar la classe (4 entregues). L'avaluació de l'alumne es farà a partir de la resolució dels problemes lliurats. No hi haurà cap mecanisme de recuperació per a aquesta part.

**Pràctiques de laboratori en grup (Lab; 20 punts)**, amb discussió i ajuda del professor. Les activitats s'estenen durant una o dues sessions i cal entregar un document de resultats, respostes i conclusions al finalitzar la darrera sessió (entre 2 i 4 entregues). L'avaluació de l'alumne es farà a partir de la participació en les sessions i dels documents lliurats. No hi haurà cap mecanisme de recuperació per a aquesta part.

**Cal una nota igual o superior a 8 punts en la nota Lab per a aprovar l'assignatura (límit estricte i innegociable). En cas contrari, l'assignatura tindrà una qualificació de Suspès amb un valor numèric igual a la nota Lab / 2.**

L'alumne no necessita realitzar més proves si ha obtingut una qualificació igual o superior a 7,5 (sobre 15) a cadascuna de les proves individuals (I1 i I2) o si la suma de les proves individuals ( I1 + I2 ) és igual o superior a 18 punts (sobre 30). En aquest supòsit, la nota final de l'assignatura es calcula com:

$$\text{Nota FINAL} = (2 \cdot I1 + 2 \cdot I2 + \text{Prb} + \text{Lab}) / 10$$

**Cal una nota igual o superior a 5 punts en la Nota FINAL per a aprovar l'assignatura (límit estricte i innegociable)**

-----

Si no es compleixen cap de les condicions anteriors, l'alumne ha de realitzar necessàriament una prova final de recuperació (2ª oportunitat per aprovar l'assignatura):

**Prova Final (F; 30 punts)**, durant la data reservada per l'Escola. L'avaluació de l'alumne es farà a partir de les respostes de la prova.

$$\text{Nota FINAL} = (I1 + I2 + \text{Prb} + \text{Lab} + F) / 10$$

**Cal una nota igual o superior a 13 punts en la Prova Final (F) i una nota igual o superior a 5 punts en la Nota FINAL per a aprovar l'assignatura (límits estrictes i innegociables).** Si la nota de la Prova Final és inferior a 13, l'assignatura tindrà una qualificació de suspès amb un valor numèric igual a la nota de la Prova Final dividida per 3.

-----

**Es considerarà una qualificació de No Avaluable en els casos que l'alumne no hagi estat avaluat per activitats que suposin més del 20% de la nota total, o en casos excepcionals que seran analitzats i decidits pels responsables docents.**

-----  
**NOTES:**

**a)** A part de les activitats d'avaluació descrites anteriorment, al llarg del curs es podran proposar altres activitats de caire voluntari que podran contribuir a la nota final de l'assignatura.

**b)** Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa acadèmica vigent, les irregularitats comeses per un 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 els que no han treballat);
- 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 teòrico-pràctiques individuals (exàmens);
- parlar amb companys durant les proves d'avaluació teòrico-pràctiques individuals (exàmens);
- copiar o intentar copiar d'altres alumnes durant les proves d'avaluació teòrico-pràctiques (exàmens);
- usar o intentar usar escrits relacionats amb la matèria durant la realització de les proves d'avaluació teòrico-pràctiques (exàmens), quan aquests no hagin estat explícitament permesos.

En cas de no superar l'assignatura degut a que alguna de les activitats d'avaluació no arriba a la nota mínima requerida, la nota numèrica de l'expedient serà el valor menor entre 4.5 i la mitjana ponderada de les notes. Amb l'excepció de que la nota numèrica de l'expedient serà el valor menor entre 3.0 i la mitjana ponderada de les notes en cas que l'estudiant hagi comès irregularitats en un acte d'avaluació (i, per tant, no serà possible l'aprovat per compensació). En edicions futures d'aquesta assignatura, a l'estudiant que hagi comès irregularitats en un acte d'avaluació no se li convalidaran 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.**

## Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Proves Individuals de Problemes, Teoria i Laboratori	60%	4	0,16	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11
Resolució de Problemes en Grup (bloc 1)	10%	2	0,08	1, 2, 4, 6, 7, 9, 10
Resolució de Problemes en Grup (bloc 2)	10%	2	0,08	1, 2, 4, 6, 7, 9, 10
Treball en grup al Laboratori	20%	0	0	1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12

## Bibliografia

HENNESSY, John L. and PATTERSON, David, Computer Architecture: A Quantitative Approach. Morgan Kaufmann (Elsevier), 2012 (Capítulos 1, 2 y 3)

BRYANT, Randal and O'HALLARON David, Computer Systems: A Programmer's Perspective. Prentice Hall, 2011 (Cap. 5 y 6)

PATTERSON, David and HENNESSY, John, Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface. Morgan Kauffman (Elsevier), 2009 (Capítulos 4 y 5)