

Computació d'Altes Prestacions

Codi: 102777
Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2502441 Enginyeria Informàtica	OB	3	2
2502441 Enginyeria Informàtica	OT	4	2

Professor/a de contacte

Nom: Eduardo Cesar Galobardes
Correu electrònic: Eduardo.Cesar@uab.cat

Utilització d'idiomes a l'assignatura

Llengua vehicular majoritària: català (cat)
Grup íntegre en anglès: No
Grup íntegre en català: No
Grup íntegre en espanyol: No

Equip docent

Anna Bàrbara Sikora

Prerequisits

Encara que no hi ha prerequisits formalment establerts i és responsabilitat de la pròpia assignatura proporcionar als i les alumnes un mitjà per adquirir els coneixements descrits a l'apartat de continguts de l'assignatura, és recomanable: un bon coneixement de programació, del funcionament d'un computador, dels diferents tipus d'arquitectures, de com funciona un sistema operatiu, de com s'envien missatges per la xarxa (Enginyeria del software, Estructura de computadores, Arquitectura de computadores, Sistemes Operatius, Xarxes, Arquitectures Avançades).

Objectius

L'objectiu d'aquesta assignatura és conèixer els sistemes de còmput d'altres prestacions i paral·lels, sistemes multiprocessador i multicomputador, paradigmes de programació paral·lela, aprendre a desenvolupar les aplicacions amb pas de missatges o memòria compartida i analitzar els prestacions d'execució d'aquestes aplicacions.

Els conceptes teòrics sobre paradigmes de programació, pas de missatges i memòria compartida es reforça amb les sessions de pràctiques en les que els i les alumnes aprenen a programar utilitzant llenguatges de programació paral·lela.

Tots el components descrits en aquesta assignatura han de permetre a l'alumne comprendre el funcionament dels sistemes d'altres prestacions i paral·lels i, fins a cert punt, ser capaç de realitzar un disseny senzill d'una aplicació paral·lela i avaluar les seves prestacions.

Competències

Enginyeria Informàtica

- Adquirir hàbits de pensament.

- Capacitat d'analitzar i avaluar arquitectures de computadores, incloent plataformes paral·leles i distribuïdes, així com desenvolupar i optimitzar software per a les mateixes.
- Capacitat de dissenyar i implementar software de sistema i de comunicacions.
- Capacitat per a analitzar, avaluar, seleccionar i configurar plataformes hardware per al desenvolupament i execució d'aplicacions i serveis informàtics.
- Comunicació.
- Concebre i desenvolupar sistemes o arquitectures informàtiques centralitzades o distribuïdes integrant hardware, software i xarxes.

Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar els models, paradigmes i llenguatges de programació paral·lela disponibles per a determinar el que millor s'adequa a les necessitats de l'aplicació.
2. Analitzar les característiques de les aplicacions que requereixin d'altres prestacions.
3. Aplicar els conceptes de sistemes operatius i xarxes per a desenvolupar els components software necessaris per a gestionar el sistema de còmput d'altres prestacions i les comunicacions involucrades en aquests sistemes.
4. Avaluar i predir el rendiment de diferents plataformes de còmput d'altres prestacions per a l'execució d'aplicacions.
5. Avaluar la funcionalitat i el rendiment de les aplicacions paral·leles/distribuïts desenvolupades.
6. Avaluar les prestacions de les arquitectures d'altres prestacions, així com la funcionalitat de les aplicacions.
7. Comunicar eficientment, oralment o per escrit, coneixements, resultats i habilitats, tant en entorns professionals com davant de públics no experts.
8. Configurar plataformes hardware i entorns de programació per al desenvolupament i execució d'aplicacions d'altres prestacions.
9. Desenvolupar aplicacions paral·leles basades en els paradigmes existents.
10. Desenvolupar el pensament científic.
11. Desenvolupar la capacitat d'anàlisi, síntesi i prospectiva.
12. Determinar les plataformes més adequades per a cada tipus d'aplicació.
13. Dissenyar, implementar i integrar els mòduls software dels nivells de sistema i comunicacions considerant les prestacions dels mateixos.
14. Fer un ús eficient de les TIC en la comunicació i la transmissió d'idees i resultats.
15. Identificar els diferents tipus d'arquitectures de còmput d'altres prestacions, incloent sistemes paral·lels i distribuïts.
16. Identificar els nivells de software que ha de comprendre un sistema de còmput d'altres prestacions.
17. Proposar solucions informàtiques basades en sistemes de còmput d'altres prestacions que integrin tant l'arquitectura dels components hardware del sistema, així com la interconnexió dels mateixos, i el disseny del software necessari.
18. Seleccionar el sistema de còmput d'altres prestacions més adequat per a satisfer les necessitats d'un tipus d'aplicació o usuari determinat.

Continguts

Tema 1: Introducció a sistemes d'altres prestacions.

Introducció als sistemes d'altres prestacions, sistemes paral·lels, multiprocessadors i multicomputadors. Execució d'aplicacions paral·leles en sistemes d'altres prestacions.

Tema 2: Classificació de paral·lelisme

SIMD (Single Instruction, Multiple Data), MIMD (Multiple Instruction, Multiple Data). Models d'aplicacions paral·leles.

Tema 3: Algorismes paral·lels

Definició d'algorismes paral·lels. Exemples d'algorismes paral·lels. Desenvolupament d'algorismes paral·lels.

Tema 4: Programació paral·lela

Paradigmes de programació paral·lela. Aplicacions basades en pas de missatges. Estàndard MPI (Message Passing Interface). Aplicacions basades en memòria compartida. Estàndard OpenMP (Open Multiprocessing) i CUDA (Compute Unified Device Architecture). Aplicacions híbrides (MPI+OpenMP). Desenvolupament d'aplicacions utilitzant MPI, OpenMP, CUDA i programació híbrida.

Tema 5: Arquitectura de Supercomputadors

Particularitats de l'arquitectura de supercomputadors. Xarxes d'interconnexió. Infraestructura física i costos.

Tema 6: Anàlisi de prestacions

Anàlisi de prestacions de sistemes paral·lels. Avaluació de prestacions de sistemes paral·lels. Exemples d'eines d'avaluació de prestacions.

Metodologia

En el desenvolupament de l'assignatura es podran diferenciar quatre tipus d'activitats docents:

- **Classes teòriques:** exposició a la pissarra de la part teòrica de cada tema del programa. L'estructura típica d'una classe magistral d'aquest tipus serà la següent: en primer lloc es farà una introducció on es presentaran breument els objectius de l'exposició i els continguts a tractar. A continuació es desgranaran els continguts objecte d'estudi, incloent exposicions narratives, desenvolupaments formals que proporcionin els fonaments teòrics, i intercalant exemples, que il·lustrin l'aplicació dels continguts exposats. Finalment, el professor exposarà les conclusions dels continguts. Durant tot el curs hi hauran avaluacions continuades dels grups de temes.
- **Classes pràctiques.** Tots els temes aniran acompanyats d'una relació de problemes que l'alumne ha d'intentar resoldre. En aquest sentit, i a mida que l'alumne vagi progressant en la profunditat dels seus coneixements, aquests problemes seran poc a poc més complexos. Els seminaris seran el fòrum natural en el qual es podrà discutir en comú el desenvolupament del treball pràctic, aportant els coneixements que li falten a l'estudiant per portar-lo endavant. La missió de les classes pràctiques és fer de pont entre les classes teòriques i classes en laboratori, que promourà la capacitat d'anàlisi i síntesi, el raonament crític, i que entrenarà l'estudiant en la resolució de problemes. Aquells que el professor consideri de major interès o en els que els alumnes trobin major dificultat seran corregits a la pissarra. Abans del començament de cada temari de problemes el professor podrà proposar una llista d'exercicis que els alumnes hauran de resoldre.
- **Classes al laboratori.** La part pràctica dels temes teòrics quedarà completada amb sessions al laboratori, on l'alumne desenvoluparà uns programes i haurà d'intentar resoldre un problema concret que l'alumne rebrà al començar el temari. Alguns d'aquests exercicis s'hauran d'entregar a la classe al finalitzar el temari. Les pràctiques es desenvoluparan en grups de dos o tres alumnes. Les classes inclouen 6 sessions al laboratori, de 2 hores de durada, on l'alumne realitzarà el desenvolupament dels exercicis.
- **Realització de treballs.** Durant el curs, els estudiants en grups de dos o tres alumnes realitzarà dos treballs. D'una banda, cada grup avaluarà un article científic sobre un tema relacionat amb l'assignatura. Amb aquest exercici es busca que els estudiants siguin capaços d'analitzar i resumir un text relacionat als conceptes que són tractats a l'assignatura. D'altra banda, cada grup redactarà o millorarà un article de la Viquipèdia d'un tema relacionat amb l'assignatura. Amb aquest exercici es busca que l'estudiant sigui capaç de presentar per escrit temes relacionats amb el còmput d'altres prestacions per a una audiència més general.

Aquest plantejament del treball està orientat a promoure un aprenentatge actiu i a desenvolupar les competències de capacitat d'organització i planificació, comunicació oral i escrita, treball en equip i raonament crític. La qualitat dels exercicis realitzats, de la seva presentació i del seu funcionament es valorarà especialment.

Competències transversals:

Com s'ha mencionat abans, l'assignatura inclou com activitat docent la realització de dos treballs. Un d'ells consta de la revisió crítica d'un article de divulgació científica i està orientat a **desenvolupar la capacitat d'anàlisi, síntesi i prospectiva** i el **pensament científic** dels estudiants (competència T01, resultats d'aprenentatge T01.02 i T01.03). L'altre consisteix en el desenvolupament d'un article a la Viquipèdia i està orientat a **comunicar eficientment per**

escrit, coneixements, resultats i habilitats, tant en entorns professionals com davant de públics no experts, fent un ús eficient de les TIC en la comunicació i la transmissió d'idees (competència T04, resultats d'aprenentatge T04.01 i T04.02).

Els estudiants disposen de guies que descriuen com fer una revisió d'un article científic i de material pel desenvolupament d'articles a la Viquipèdia (que inclou la pàgina del Viquiprojecte: Còmput d'altres prestacions). Durant el semestre es fan tres reunions amb els grups per discutir i avaluar l'evolució d'ambdós treballs.

La gestió de la docència de l'assignatura es farà a través del Campus Virtual (<https://cv2008.uab.cat/>), que servirà per poder veure els materials, gestionar els grups de pràctiques, fer els lliuraments corresponents, veure les notes, comunicar-vos amb els professors, etc.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Problemes (Resolució d'exercicis)	9	0,36	1, 2, 5, 7, 10, 11, 14, 17
Pràctica (Resolució de les pràctiques de laboratori)	9	0,36	1, 2, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 18
Teoria	20	0,8	1, 2, 3, 5, 8, 11, 15, 16, 18
Tipus: Autònomes			
Estudi autònom	30	1,2	1, 2, 3, 12, 15, 16, 18
Preparació de problemes	15	0,6	1, 2, 5, 7, 10, 11, 14, 17
Preparació de pràctiques	40	1,6	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 18
Recerca	15	0,6	1, 3, 5, 8, 11, 12, 15, 16

Avaluació

L'objectiu del procés d'avaluació és verificar que l'alumne ha assolit els coneixements i habilitats definits en els objectius de l'assignatura, així com les competències.

S'avaluaran quatre tipus d'activitats de manera independent on la suma ponderada d'elles donarà la nota final. Aquestes cinc activitats són:

1. Teoria (T)
2. Resolució de les pràctiques de laboratori (PL)
3. Anàlisi d'un article de recerca (RA)
4. Redacció d'un article a la Viquipèdia (VA)
5. Realització d'exercicis pràctics individuals (PA).

La part de Teoria (T) s'avaluarà amb dos controls parcials individuals durant tot el curs. La nota final de Teoria sortirà de la suma ponderada dels dos controls ($0.5 \cdot \text{Control 1} + 0.5 \cdot \text{Control 2}$). Hi haurà una segona oportunitat per recuperar aquesta part el dia que tenim assignat a la setmana de exàmens de juny. Es podran recuperar les parts que no hagin estat superades en els controls parcials de teoria. La nota mínima per aprovar aquesta part és $\geq 4,5$.

La part de Resolució de pràctiques de laboratori (PL) s'avaluarà de manera grupal. Té tres lliuraments. La nota final sortirà de la suma ponderada dels tres lliuraments ($X_0 \cdot \text{Entrega 1} + X_1 \cdot \text{Entrega 2} + X_2 \cdot \text{Entrega 3}$, $X_0 + X_1 + X_2 = 1$). Per aprovar les PL la nota mínima haurà de ser $\geq 4,5$. Només hi ha una única oportunitat (no es pot recuperar aquesta part).

La part de Redacció d'un article a la Viquipèdia (VA) s'avaluarà de manera grupal. Cada grup tindrà un tema relacionat als continguts de l'assignatura per desenvolupar a la Vikipèdia (pot ser que l'article ja existeixi o sigui de nova creació). L'article s'anirà desenvolupant durant el curs i es discutirà amb el responsable de l'assignatura i els membres del grup en hores de tutoria. La nota de cada membre del grup es determinarà per la qualitat de l'article i participació en la discussió. Només hi ha una única oportunitat (no es pot recuperar aquesta part). En conseqüència, en cas de que un alumne no tingui nota de revisió de l'article, no podrà optar a l'excel·lent en la recuperació.

La part d'Anàlisi d'un article de recerca (RA) s'avaluarà de manera grupal. Cada grup tindrà un article de recerca assignat (en anglès) sobre el que haurà de fer una revisió crítica d'entre 900 i 1100 paraules. Aquesta revisió es lliurarà al responsable de l'assignatura i posteriorment es discutirà amb els membres del grup en hores de tutoria. La nota de cada membre del grup es determinarà per la qualitat de la revisió i participació en la discussió. Només hi ha una única oportunitat (no es pot recuperar aquesta part). En conseqüència, en cas de que un alumne no tingui nota de revisió de l'article, no podrà optar a l'excel·lent en la recuperació.

Els exercicis pràctics individuals (PA) consistiran en treballar problemes de programació molt concrets i relacionats amb els que es trobaran a les pràctiques de laboratori. Es vol que cada estudiant estudiï la resolució d'un conjunt de problemes concrets de forma aïllada al cas més general de la pràctica. El valor d'aquests exercicis és del 10% de la nota final i donada la seva naturalesa i objectiu no són recuperables.

La nota final de l'assignatura serà la suma ponderada de les notes de cadascuna de les quatre activitats: 35% de Teoria, 10% Redacció d'un article a la Viquipèdia, 10% de l'Anàlisi d'un Article de Recerca, 10% Resolució d'exercicis pràctics individuals i 35% de Resolució de pràctiques de laboratori. El resultat haurà de ser ≥ 5 .

En cas de no superar l'assignatura per no arribar a la puntuació mínima en algun dels apartats (Teoria o Pràctiques de Laboratori), tot i que al fer la mitjana ponderada la nota final fos igual o superior a 5 la nota que es posarà a l'expedient serà de 4,5.

En cas de que la mitjana no arribi a 5 la nota que figurarà a l'expedient serà la nota mitjana obtinguda numèricament.

Si l'alumne entrega qualsevol activitat, s'entén que es presenta a l'assignatura i serà avaluat/da. Si no entrega cap activitat, llavors es pot considerar No evaluable.

Atorgar una qualificació de matrícula d'honor és decisió del professorat responsable de l'assignatura. La normativa de la UAB indica que les MH només es podran concedir a estudiants que hagin obtingut una qualificació final igual o superior a 9.00. Es pot atorgar fins a un 5% de MH del total d'estudiants matriculats.

Les dates d'avaluació continuada i lliurament de treballs es publicaran al campus virtual i poden estar subjectes a possibles canvis de programació per motius d'adaptació a possibles incidències; sempre s'informarà al campus virtual sobre aquests canvis ja que s'entén que el CV és el mecanisme habitual d'intercanvi d'informació entre professor i estudiants.

Per a cada activitat d'avaluació, s'indicarà un lloc, data i hora de revisió en la que l'estudiant podrà revisar l'activitat amb el professor. En aquest context, es podran fer reclamacions sobre la nota de l'activitat, que seran avaluades pel professorat responsable de l'assignatura. Si l'estudiant no es presenta a aquesta revisió, no es revisarà posteriorment aquesta activitat.

RESUM

Si $(T \geq 4)$ i $(P \geq 4)$ aleshores

$$NF = 0.35 \cdot T + 0.1 \cdot VA + 0.1 \cdot RA + 0.1 \cdot PA + 0.35 \cdot PL$$

Si $(NF \geq 5)$ aleshores APROVAT

Sino SUSPES

Sino SUSPES

Estudiants repetidors: Els alumnes repetidors o repetidores que tinguin aprovades les pràctiques de laboratori poden demanar la convalidació d'aquesta part de l'assignatura. La resta d'activitats d'avaluació hauran de fer-les en les mateixes condicions que els/les altres estudiants.

Nota sobre plagis:

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa acadèmica vigent, les irregularitats comeses per un o una 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 i les membres del grup (aplicat a tots els i les membres, no solament als 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 teórico-pràctiques individuals (exàmens);
- parlar amb companys o companyes 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 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 les excepcions de que s'atorgarà la qualificació de "No Avaluable" als i les estudiants que no participin en cap de les activitats d'avaluació, i 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 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.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Analisi d'un article de recerca	10%	1	0,04	1, 2, 6, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 18
Article Vikipèdia 3	10%	1	0,04	2, 3, 6, 7, 11, 14, 16
Control individual parcial 1	17,5%	2	0,08	1, 2, 11, 15
Control individual parcial 2	17,5%	2	0,08	1, 3, 9, 11, 12, 16, 17, 18
Entrega de pràctica 1	11%	1	0,04	1, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 16, 17
Entrega de pràctica 2	12%	1	0,04	1, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 16, 17
Entrega de pràctica 3	12%	1	0,04	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 16, 17
Realització d'exercicis pràctics individuals	10%	3	0,12	1, 4, 5, 9, 11, 12, 18

Bibliografia

- Parallel Programming Concepts and Practice. Bertil Schmidt, Jorge González-Domínguez, Christian Hundt, Moritz Schlarb. Morgan Kaufmann, 2018
- An Introduction to Parallel Programming, 2nd edition. Peter S. Pacheco. Morgan Kaufmann. 2018

- Programming Massively Parallel Processors, A Hands-on Approach. David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu. Morgan Kaufmann. 3th Edition. 2018
- Computer Architecture. A quantitative approach. John L. Hennessy, David A. Patterson. Morgan Kaufmann. 6a edición. 2018
- Introduction to Parallel Computing. A. Grama et al. Addison Wesley, Second Edition, 2003.
- Parallel Program Development For Cluster Computing: Methodology, Tools and Integrated Environments. Edited by J. C. Cunha, P. Kacsuk, S. C. Winter. Nova Science Publishers, Inc., 2001.
- Parallel Programming with MPI, Peter Pacheco, Morgan Kaufman, 1996
- Using MPI-2, William Gropp, Ewing Lusk and Rajeev Thakur, MIT Press, 1999.