

Guia docent

270069 - PCA - Programació Conscient de l'Arquitectura

Última modificació: 06/02/2025

Unitat responsable: Facultat d'Informàtica de Barcelona
Unitat que imparteix: 701 - DAC - Departament d'Arquitectura de Computadors.
Titulació: GRAU EN ENGINYERIA INFORMÀTICA (Pla 2010). (Assignatura optativa).
Curs: 2024 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Català, Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: DANIEL JIMENEZ GONZALEZ
Altres: Segon quadrimestre:
DANIEL JIMENEZ GONZALEZ - 10

CAPACITATS PRÈVIES

Les previstes pels requisits.

REQUISITS

- Pre-requisit AC

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CEC2.2. Programar considerant l'arquitectura hardware, tant en assemblador com en alt nivell.
CEC2.3. Desenvolupar i analitzar software per a sistemes basats en microprocessadors i les seves interfícies amb usuaris i altres dispositius.
CEC3.1. Analitzar, avaluar i seleccionar les plataformes hardware i software més adients per al suport d'aplicacions encastades i de temps real.
CEC3.2. Desenvolupar processadors específics i sistemes encastats; desenvolupar i optimitzar el software d'aquests sistemes.

Genèriques:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

METODOLOGIES DOCENTS

Classes de teoria orientades a exposar conceptes bàsics d'arquitectura de processadors i metodologia d'optimització i eines; intercalant petits problemes a resoldre a classe.

Per a cada tema, una sèrie d'exercicis teòric-pràctics es proposaran per a que els alumnes el resolguin i ho penguin en fòrums creats pel professor a Atenea. El problemes a resoldre en els fòrums seran d'una dificultat mitjana i orientats a facilitar l'activitat a laboratori, és a dir, que serviran de treball previ també.

Es crearan equips de treball de 5 alumnes. Es procurarà que el número de persones per equip sigui igual al número de problemes assignats per tema, i serà fix per a tot el curs. En un principi, s'assignaran un mínim de 5 problemes per equip i tema.

La metodologia per a resoldre aquests problemes consta d'un treball personal i un treball en equip. Bàsicament consistirà en: (1) resoldre individualment els problemes demanats per aquell tema i penjar el problema resolt a un fòrum que el professorat crea per a cada equip, (2) discutir al fòrum del equip de les solucions individuals (primer feedback que obtindran els alumnes) i acordar una solució per a cada problema i (3) penjar la solució final acordada a cada problema en un equip a un fòrum de solucions finals comú a tots els equips. A cada equip, cada estudiant serà responsable d'un problema, i és aquest/a alumne qui penjarà la solució final d'aquell problema al fòrum comú abans d'una data concreta. El professorat revisarà aquestes solucions finals (segon feedback) però també pot revisar els fòrums de discussió de les solucions individuals.

A les classes de problemes es faran activitats en equip i es discutiran amb tots els equips les solucions obtingudes (tercer feedback). Per facilitar que els alumnes puguin comparar les seves solucions amb les de la resta d'alumnes de l'assignatura, els fòrums seran oberts a tothom.

Les classes de laboratori serviran de suport a la teoria i de comprovació empírica dels exercicis fets a classe de problemes. Els alumnes disposaran de la informació de pràctiques abans de cada sessió. La realització d'aquestes pràctiques es farà íntegrament en les hores de laboratori assignades. Les pràctiques es dividiran en dos grups: experiments d'abast limitat per il·lustrar aplicacions i optimitzacions determinades, i altres en que caldrà aplicar tots els coneixements adquirits per optimitzar una aplicació completa.

Al final de l'última sessió de laboratori de cada tema, els alumnes disposaran d'un temps per a entregar alguns del exercicis fets al laboratori.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

1. Seguir una metodologia d'optimització per a reduir el temps d'execució d'una aplicació en un processador determinat; primerament identificant les parts més costoses, després evaluant si val la pena o no (llei d'Amdahl) la seva optimització, i finalment realitzant l'optimització i evaluar si s'ha tret prou rendiment com per incorporar-la a l'aplicació.
2. Identificar i reconèixer les optimitzacions que el compilador pot fer, ja sigui pel coneixement bàsic que es tingui del compilador com el gcc, de l'anàlisi del codi assembleador generat, o perquè es fa "profiling" o instrumentació.
3. Escollir les eines i les seves opcions més adients per a generar el codi binari, analitzar el codi binari generat i analitzar l'execució de l'aplicació ("profiling", instrumentació, "trace"), a més d'escollir les mètriques per fer aquest anàlisi i l'entorn més adient per fer l'avaluació.
4. Definir latència, latència de repetició i "throughput" d'una instrucció, i aplicar aquest coneixement en l'optimització dels seus codis per escollir l'operació més adient en cada cas.
5. Aplicar correctament tècniques d'optimització per reduir i/o evitar operacions de llarga latència, reduint el temps d'execució de l'aplicació.
6. Reduir el temps destinat als salts en un codi, aplicant tècniques que redueixen el nombre de salts.
7. Caracteritzar la jerarquia de memòria del computador amb el que treballa ja sigui documentant-se amb manuals o ja sigui estudiant-lo empíricament amb codis i eines de profiling i tracing.
8. Aplicar correctament tècniques d'optimització per fer un ús més eficient de la jerarquia de memòria del processador, reduint el temps d'execució de l'aplicació.
9. Identificar si un codi és vectoritzable i vectoritzar-lo si això significa una reducció del temps d'execució de l'aplicació.
11. Analitzar i identificar si un codi pot ser accelerat amb un "hardware" específic i utilitzar les eines d'alt nivell disponibles a l'assignatura per definir aquest hardware específic des de codi C amb pragmes molt senzilles.
12. Analitzar i optimitzar una aplicació de mida mitjana durant tot el curs, aplicant la metodologia d'optimització i les tècniques d'optimitzacions seguides a l'assignatura, en coordinació amb el reste de membres del seu equip.
13. Liderar un grup d'estudiants per a obtenir la solució més adient a un problema d'optimització o d'anàlisi donat, considerant les solucions del reste de membres del seu equip de treball i després d'una discussió entre tots els membres de l'equip.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup mitjà	15,0	10.00
Hores aprenentatge autònom	84,0	56.00
Hores grup gran	15,0	10.00
Hores grup petit	30,0	20.00
Hores activitats dirigides	6,0	4.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Introducció: Programació conscient de l'arquitectura

Descripció:

Que entenem per programació conscient de l'arquitectura i en quins casos val la pena fer-ho. Estratègies d'optimització. Avaluació del rendiment.

Eines de programació i optimització

Descripció:

Mesura del rendiment dels programes. Opcions de compilació. Estudi del comportament dinàmic dels programes. Ús d'eines d'alt nivell per accelerar (optimitzar) amb hardware algunes parts del programa a partir de codi C.

Operacions de llarga latència

Descripció:

Alternatives a algunes operacions de cost d'execució elevat i/o llarga latència. Substitució d'operacions complexes per operacions més senzilles. Memorització de resultats. Detecció de casos trivials. Ús dels recursos sistema operatiu.

Optimització del control de fluxe

Descripció:

Detecció i eliminació de salts crítics. Inlining. Desenrollat de bucles, etc.

Optimitzacions conscient de la memòria

Descripció:

Mida i alineació de dades. Divisió de les dades en blocs de mida proporcional a la memòria cache. Desambiguació de memòria. Definició de les estructures de dades i pragmas per millorar el rendiment de l'aplicació tant en hardware específic com en el processador de caràcter general.

Extensions vectorials i ús de hardware específic per "vectoritzar".

Descripció:

Instruccions del llenguatge màquina. Identificació de codis que es poden vectoritzar. Inserció de codi vectorial en codi C.

Ús d'eines d'alt nivell per accelerar (optimitzar) amb hardware les parts del programa amb un % de temps molt elevat de consum de temps, dintre de sistemes SoC amb processadors ARM, utilitzant la mateixa idea de la vectorització.

ACTIVITATS

Introducció a la programació conscient de l'arquitectura

Descripció:

Participar activament en una sessió de classe expositiva-participativa de 2 hores de teoria i problemes. (2 hores). Estudiar a casa el tema assignat i realitzar els exercicis que s'hagin proposat com a treball autònom.

Objectius específics:

1

Dedicació: 5h

Aprenentatge autònom: 2h

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 2h

Eines de programació i optimització

Descripció:

Participar activament en una sessió de classe expositiva-participativa de 2 hores de teoria i problemes. (2 hores). Estudiar a casa el tema assignat i realitzar els exercicis que s'hagin proposat com a treball autònom.

Objectius específics:

2, 3, 11

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 20h

Aprenentatge autònom: 10h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Grup petit/Laboratori: 6h

Operacions de llarga latència

Descripció:

Participar activament en una sessió de classe expositiva-participativa de 2 hores de teoria i problemes. (2 hores). Estudiar a casa el tema assignat i realitzar els exercicis que s'hagin proposat com a treball autònom.

Objectius específics:

1, 2, 4, 5, 13

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 20h

Aprenentatge autònom: 12h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Grup petit/Laboratori: 4h

Optimització del control de fluxe

Descripció:

Participar activament en una sessió de classe expositiva-participativa de 2 hores de teoria i problemes. (2 hores). Estudiar a casa el tema assignat i realitzar els exercicis que s'hagin proposat com a treball autònom.

Objectius específics:

1, 2, 3, 6, 11, 13

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 28h

Aprenentatge autònom: 18h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Grup petit/Laboratori: 6h

Control 1-T

Descripció:

Temes 1-3.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 7, 11

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 3h

Aprenentatge autònom: 2h

Activitats dirigides: 1h

Control-1-P

Descripció:

Temes 1-3

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 7, 11

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 3h

Aprenentatge autònom: 2h

Activitats dirigides: 1h

Optimitzacions conscient de la memòria

Descripció:

Participar activament en una sessió de classe expositiva-participativa de 2 hores de teoria i problemes. (2 hores). Estudiar a casa el tema assignat i realitzar els exercicis que s'hagin proposat com a treball autònom.

Objectius específics:

1, 2, 3, 7, 8, 11, 13

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 25h

Aprenentatge autònom: 14h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Grup petit/Laboratori: 6h

Extensions vectorials i ús de hardware específic

Descripció:

Participar activament en una sessió de classe expositiva-participativa de 2 hores de teoria i problemes. (2 hores). Estudiar a casa el tema assignat i realitzar els exercicis que s'hagin proposat com a treball autònom.

Objectius específics:

1, 2, 3, 9, 11, 13

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 34h

Aprenentatge autònom: 22h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 4h

Grup petit/Laboratori: 6h

Control 2-T

Descripció:

Tots els temes. Més centrat en temes 5-6, però pot sortir qualsevol concepte previ.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 3h

Aprenentatge autònom: 2h

Activitats dirigides: 1h

Control-2-P

Descripció:

Tots els temes. Més centrat en temes 4-6 però pot sortir qualsevol concepte previ.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 3h

Aprenentatge autònom: 2h

Activitats dirigides: 1h

Examen Final

Descripció:

Examen Final. Fora d'horari de classe.

Objectius específics:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13

Competències relacionades:

G1. Conèixer i comprendre l'organització d'una empresa i les ciències que regeixen la seva activitat; capacitat de comprendre les regles laborals i les relacions entre la planificació, les estratègies industrials i comercials, la qualitat i el benefici. Desenvolupar la creativitat, l'esperit emprenedor i la tendència a la innovació.

Dedicació: 6h

Aprenentatge autònom: 4h

Activitats dirigides: 2h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

A l'avaluació de l'estudiantat intervenen 5 components:

(1) Pràctiques del Laboratori: L - 40% de la nota de l'assignatura.

Hi ha una pràctica per cada tema que pot durar més d'una sessió de laboratori. Cada pràctica tindrà un pes del 20% del laboratori.

$$L = 0.2 \cdot L_2 + 0.2 \cdot L_3 + 0.2 \cdot L_4 + 0.2 \cdot L_5 + 0.2 \cdot L_6$$

La solució dels exercicis del laboratori serà un informe breu (entre 1 i 5 pàgines), codis fonts i scripts que hauran de ser entregat al professor via Racó. El professor avaluarà aquest l'informe.

(2) Exercicis de classe de problemes: P - 10% de la nota de l'assignatura.

Aquests exercicis són demanats pel professorat a classe de problemes, i s'han de treballar en equip i presentar als fòrums d'Atenea o via Racó.

(3) Nota de Controls parcials: C - 50% de la nota de l'assignatura

Al llarg del curs els alumnes hauran de fer 2 controls: C1, C2. El seu objectiu és avaluar si l'estudiantat ha aconseguit assimilar les optimitzacions de codi explicades fins el moment.

$$C = 0.35 \cdot C_1 + 0.65 \cdot C_2.$$

(4) Nota d'examen final: F

A l'examen final es preguntaran casos pràctics i teòrics. Aquest examen només és obligatori per aquells alumnes que no han assolit una nota d'aprobat en els controls ($C \geq 5$)

(5) Nota Extra de Challenge: cha

Challenge : Es proposarà un exercici d'optimització a entregar mitjançant un portal web d'execució o via Racó on es premiaran les solucions més ràpides. Els alumnes que presentin les 10 solucions més ràpides veuran incrementada la seva nota final en 1 punt (solució més ràpida), 0.9 punts (segona solució més ràpida),... i 0.1 punts (desena solució més ràpida) respectivament. Aquesta puntuació adicional només s'aplicarà quan l'estudiant aprovi per C ($C \geq 5.0$).

L'assignatura es pot aprovar de dues formes:

=====

La nota d'examens (NEx) es pot aconseguir de dues formes, bé per avaluació continuada o bé per examen final:

Si ($C \geq 5$)

$NEx = \max(C, F)$

altrament:

$NEx = \max(0.25 \cdot C + 0.75 \cdot F, F)$

La Nota Final és:

$\text{Nota Final} = \min(0.50 \cdot NEx + 0.10 \cdot P + 0.40 \cdot L + cha, 10)$

La competència transversal s'avalua a cada estudiant considerant el seu treball en equip, lideratge en trobar solucions eficients, alternatives, creatives i innovadores als problemes a resoldre dels quals l'estudiant sigui responsable. És a dir, s'avaluarà la seva capacitat de trobar una solució que sigui una combinació exitosa de les solucions trobades per un problema, o la millor solució. També formarà part d'aquesta avaluació la seva participació en trobar solucions creatives a problemes que no sigui responsable.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Bryant, R.E.; O'Hallaron, D.R. Computer systems: a programmer's perspective. 3rd ed. Pearson, 2016. ISBN 9781292101767.

Complementària:

- Jiménez-González, Daniel. Transparències de suport de l'assignatura (en anglès). 2022.
- Jiménez-González, Daniel. Col·lecció de problemes de suport de l'assignatura (en anglès). 2022.
- Jiménez-González, Daniel. Enunciats de laboratori de suport de l'assignatura (en anglès). 2022.