

Arquitecturas Avanzadas

Código: 102778
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2502441 Ingeniería Informática	OB	3	1
2502441 Ingeniería Informática	OT	4	1

Contacto

Nombre: Juan Carlos Moure Lopez
Correo electrónico: JuanCarlos.Moure@uab.cat

Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: español (spa)
Algún grupo íntegramente en inglés: No
Algún grupo íntegramente en catalán: No
Algún grupo íntegramente en español: No

Equipo docente

Miquel Àngel Senar Rosell

Prerequisitos

Es muy, muy recomendable haber cursado y aprobado las asignaturas de Fundamentos de Informática, Fundamentos de Computadores, Estructura de Computadores, Metodología de la Programación y Arquitectura de Computadores

Objetivos y contextualización

El objetivo fundamental de la asignatura es que los alumnos adquieran las capacidades de análisis, utilización y evaluación de arquitecturas avanzadas de computadores, para el desarrollo de aplicaciones y servicios informáticos.

Los conceptos básicos que se describirán en las sesiones teóricas son: el procesador multi-núcleo, el sistema multi-procesador de memoria compartida, la evaluación de rendimiento y prestaciones, y los modelos y lenguajes de programación de estos sistemas paralelos.

Los objetivos más específicos son los siguientes:

1. Entender las claves para obtener buen rendimiento de computadores multi-núcleo y multi-procesador, y de aceleradores de cómputo (GPUs)
2. Identificar las oportunidades de paralelización en un algoritmo o aplicación, a diferentes niveles (instrucciones, iteraciones de un bucle, llamadas a funciones...), y expresarlo formalmente
3. Diseñar las estructuras de datos de una aplicación y los algoritmos que acceden a estos datos para favorecer el buen rendimiento de la jerarquía de memoria

4. Analizar, diseñar e implantar algoritmos paralelos con patrones abstractos de cómputo (reducción, transformación...) bajo paradigmas de programación basados en variables compartidas y sincronización; y con lenguajes paralelos actuales, como OpenMP, Cilk, OpenACC y CUDA/Thrust.

5. Verificar la funcionalidad y evaluar el rendimiento de aplicaciones paralelas, identificando los cuellos de botella respecto al rendimiento

6. A partir del análisis de rendimiento, seleccionar el computador adecuado a una aplicación y/o realizar optimizaciones del código que mejoren aún más su rendimiento

Competencias

Ingeniería Informática

- Actitud personal.
- Adquirir hábitos de trabajo personal.
- Capacidad de analizar y evaluar arquitecturas de computadores, incluyendo plataformas paralelas y distribuidas, así como desarrollar y optimizar software de para las mismas.
- Capacidad para analizar, evaluar, seleccionar y configurar plataformas hardware para el desarrollo y ejecución de aplicaciones y servicios informáticos.
- Capacidad para concebir y desarrollar sistemas o arquitecturas informáticas centralizadas o distribuidas integrando hardware, software y redes.
- Comunicación.

Resultados de aprendizaje

1. Analizar las características de las aplicaciones que requieran altas prestaciones.
2. Analizar los modelos, paradigmas y lenguajes de programación paralela disponibles para determinar el que mejor se adecua a las necesidades de la aplicación.
3. Comunicar eficientemente, de forma oral y/o escrita, conocimientos, resultados y habilidades, tanto en entornos profesionales como ante públicos no expertos.
4. Configurar plataformas hardware y entornos de programación para el desarrollo y ejecución de aplicaciones de altas prestaciones.
5. Desarrollar aplicaciones paralelas basadas en los paradigmas existentes.
6. Determinar las plataformas más adecuadas para cada tipo de aplicación.
7. Evaluar la funcionalidad y el rendimiento de las aplicaciones paralelas/distribuidas desarrolladas.
8. Evaluar las prestaciones de las arquitecturas de altas prestaciones, así como la funcionalidad de las aplicaciones.
9. Evaluar y predecir el rendimiento de distintas plataformas de cómputo de altas prestaciones para la ejecución de aplicaciones.
10. Mantener una actitud proactiva y dinámica respecto al desarrollo de la propia carrera profesional, el crecimiento personal y la formación continuada. Espíritu de superación.
11. Prevenir y solucionar problemas.
12. Proponer soluciones informáticas basadas en sistemas de cómputo de altas prestaciones que integren tanto la arquitectura de los componentes hardware del sistema, así como la interconexión de los mismos, y el diseño del software necesario.

Contenido

1. Paralelismo de Instrucciones

- Ejecución pipeline y múltiple
- Reordenación dinámica de la ejecución de las instrucciones
- Dependencias de datos entre instrucciones en un bucle

2. Paralelismo de Datos

- Análisis del paralelismo de datos de un algoritmo
- Paralelismo SIMD (vectorización) y MIMD (multi-thread)
- Arquitecturas Vectoriales e instrucciones SIMD
- GPUs y aceleradores de cómputo (Xeon Phi)

3. Arquitectura de computadores paralelos

- Estructura y arquitectura de los procesadores multi-hilo y multi-núcleo, y de los nodos multi-procesador
- Jerarquía de memoria (NUMA) y soporte para la coherencia de datos en cache
- Soporte H/W para la sincronización y para la comunicación entre threads

4. Algoritmos Paralelos

- Modelo de paralelismo con variables compartidas y sincronización. Patrones de cómputo paralelo
- Paralelismo de datos (SIMD): operaciones de reducción y de transformación sobre estructuras multi-dimensionales
- Paralelismo de tareas (MIMD): master/worker, divide & conquer, pipeline
- Programación no determinista y sincronización sin locks
- Lenguajes OpenMP, Cilk, OpenACC y CUDA (Thrust)

5. Evaluación del Rendimiento de Aplicaciones Paralelas

- Análisis de complejidad, paralelismo y localidad
- Medida del tiempo de ejecución, IPC, ancho de banda e intensidad aritmética
- Trabajo total y camino crítico de la ejecución paralela
- Speedup y eficiencia de la ejecución paralela
- Sobrecarga (overhead) de la sincronización y de las comunicaciones

Metodología

Clases de Teoría: se expondrán los conocimientos propios de la asignatura. Se describirán los conceptos básicos y se ilustrarán con ejemplos prácticos. Se resaltarán los problemas de aprendizaje más importantes y se mostrará cómo completar y profundizar en los contenidos. Se discutirán casos prácticos y el profesor detectará los problemas de comprensión y razonamiento más comunes y los resolverá para todos los estudiantes.

Clases de Problemas: se harán actividades cooperativas de resolución de problemas. A partir del trabajo previo individual de los alumnos, éstos harán una puesta en común en grupo y resolverán las dudas que hayan podido surgir. El profesor detectará los problemas de comprensión y razonamiento más comunes y los resolverá por grupos o para todos los estudiantes. Estos seminarios permitirán aportar los conocimientos que le falten al estudiante o indicar dónde se pueden adquirir. Servirán de puente entre las clases de teoría y el trabajo práctico, promoviendo la capacidad de análisis y síntesis del alumno, el razonamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas. Las clases de problemas son evaluables, y en ciertas sesiones preestablecidas los alumnos resolverán problemas entregados al comienzo de la sesión y que se deberán entregar al finalizar la sesión como evidencias evaluables.

Clases de Laboratorio: servirán de apoyo a la teoría. Los alumnos dispondrán de la información de prácticas con tiempo suficiente antes de cada sesión, y deberán preparar la parte previa indicada en el informe para que el profesor, al comienzo de la sesión, la pueda revisar. Durante la sesión los alumnos deberán informar al profesor sobre sus avances y los problemas que se puedan encontrar, y al finalizar la sesión entregarán un documento con los resultados de la práctica y un resumen de los problemas encontrados. Durante el curso, los alumnos deberán diseñar, planificar, realizar, presentar y defender de forma oral un trabajo práctico, indicando los objetivos, el desarrollo, los resultados obtenidos con gráficas comprensibles, las incidencias más notables y, finalmente, las conclusiones más relevantes. Se espera por parte de los alumnos una actitud proactiva y dinámica, la búsqueda autónoma de los conocimientos que sean necesarios, y ambición con los objetivos del trabajo.

Competencias Transversales: La competencia para solucionar problemas se trabaja especialmente en las clases de problemas y se evalúa con los problemas que los alumnos deben resolver en grupo. La competencia de comunicación se trabaja en las tutorías y se evalúa en la exposición del trabajo práctico que deben hacer los alumnos, y supone un 25% de la nota del trabajo. Por último, la adecuada actitud personal se incentiva y evalúa en las sesiones de prácticas, donde el profesor interactúa con los alumnos y observa y ayuda a corregir sus actitudes; supone un 30% de la nota final de esta actividad.

Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Prácticas de Laboratorio	12	0,48	9, 7, 8, 4, 5, 10
Problemas	12	0,48	1, 9, 7, 8, 5, 6, 11
Teoría	21	0,84	2, 1, 8, 4, 6, 12
Tutorías Aula	2	0,08	2, 8, 4, 12
Tipo: Supervisadas			
Preparación del trabajo a realizar en el laboratorio	15	0,6	9, 7, 5, 10
Preparación y Exposición del Trabajo Práctico	5	0,2	3
Tipo: Autónomas			
Estudio autónomo	24	0,96	2, 8, 4, 6, 12
Preparación de Prácticas	30	1,2	2, 1, 5
Resolución de Problemas	20	0,8	1, 7, 8, 6, 11

Evaluación

Las fechas de evaluación continua y entrega de trabajos se publicarán en la plataforma Moodle de la UAB y pueden estar sujetas a cambios de programación por motivos de adaptación a posibles incidencias. Siempre se informará en la plataforma Moodle sobre estos cambios ya que se entiende que es la plataforma habitual de intercambio de información entre profesor y estudiantes.

La evaluación del alumno se basará en diferentes elementos recogidos de las diferentes actividades de la asignatura :

Problemas resueltos en grupo (Prb1; 1 punto): se hacen durante una sesión y la entrega se hace al finalizar la clase (2 entregas).

Problemas resueltos en grupo (Prb2; 1 punto): se hacen durante una sesión y la entrega se hace al finalizar la clase (2 entregas).

Prácticas de Laboratorio (Lab; 1 punto): con discusión y ayuda del profesor. Es necesario entregar documentos de resultados, respuestas y conclusiones en cada una de las entregas.

Trabajo Práctico en grupo (TrbPract ; 4-6 puntos): análisis, diseño y realización de la optimización de una aplicación seleccionada por los alumnos. Hay que hacer presentaciones orales y entregas durante el curso para hacer el seguimiento del trabajo, y una defensa oral y un documento final donde se exponga todo el trabajo realizado. Se evaluará el grado de dificultad de los retos propuestos, el logro de los objetivos, la

exposición y defensa oral, y los documentos escritos. La comunicación oral y escrita se evalúa con un 30% de la nota.

Prueba Individual (I; 3 puntos): una prueba de evaluación de conceptos y problemas, sin apuntes.

Nota FINAL = Prb1 + Prb2 + Lab + TrbLab + I

Es necesaria una nota igual o superior a 5 puntos en Nota FINAL, y superior a 1,2 puntos en la Prueba Individual (I) para aprobar la asignatura (límite estricto y innegociable)

En caso de no superar la evaluación regular existirá una evaluación de recuperación para la prueba individual (I) y para la presentación final del Trabajo Práctico (TrbLAB). Esta recuperación se hará en la fecha marcada por la Escuela.

Si el alumno no alcanza la nota mínima en alguna de las pruebas de evaluación, la calificación numérica en el expediente será el mínimo entre 4,5 puntos y la nota FINAL que sale del cálculo anterior.

No hay ningún trato especial para los alumnos repetidores.

+++++

NOTA: Sin perjuicio de otras medidas disciplinarias que se estimen oportunas, de acuerdo con la normativa académica vigente, se calificarán con un cero las irregularidades cometidas por un estudiante que puedan conducir a una variación de la calificación de un acto de evaluación. No serán recuperables las actividades de evaluación calificadas de esta forma y por este procedimiento. Si esta actividad tiene una nota mínima asociada para superar la asignatura entonces la asignatura quedará suspendida directamente, sin oportunidad de recuperarla en el mismo curso académico. Estas irregularidades incluyen, entre otras:

- la copia total o parcial de una práctica, informe, o cualquier otra actividad de evaluación;
- dejar copiar;
- presentar un trabajo de grupo hecho íntegramente por los miembros del grupo (aplicado a todos los miembros, y no solamente a los que no han trabajado);
- presentar con propios materiales elaborados por un tercero, aunque sean traducciones o adaptaciones, y en general trabajos con elementos no originales y exclusivos del estudiante;
- tener dispositivos de comunicación (como teléfonos móviles, smart watches, bolígrafos con cámara, etc.) accesibles durante las pruebas de evaluación teórico-prácticas individuales (exámenes);
- hablar con compañeros durante las pruebas de evaluación teórico-prácticas individuales (exámenes);
- copiar o intentar copiar de otros alumnos durante las pruebas de evaluación teórico-prácticas individuales (exámenes);
- usar o intentar usar escritos relacionados con la materia durante las pruebas de evaluación teórico-prácticas individuales (exámenes), cuando éstos no hayan sido explícitamente permitidos

En caso de no superar la asignatura debido a que alguna de las actividades de evaluación no llega a la nota mínima requerida, la nota numérica del expediente será el valor menor entre 4.5 y la media ponderada de las notas. Con las excepciones de que se otorgará la calificación de "no evaluable" a los estudiantes que no participen en ninguna de las actividades de evaluación (o casos excepcionales), y de que la nota numérica del expediente será el valor menor entre 3.0 y la media ponderada de las notas en caso que el estudiante haya cometido irregularidades en un acto de evaluación (y por tanto no será posible el aprobado por compensación). En ediciones futuras de esta asignatura, al estudiante que haya cometido irregularidades en un acto de evaluación no se le convalidarán ninguna de las actividades de evaluación realizadas.

En resumen: copiar, dejar copiar o plagiar (o el intento de) en cualquiera de las actividades de evaluación equivale a un SUSPENSO, no compensable y sin convalidaciones de partes de la asignatura en cursos posteriores.

Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Laboratorio	10%	0	0	2, 1, 9, 7, 5, 6, 10
Práctica: presentaciones y discusiones por grupos	40%	3	0,12	2, 1, 9, 7, 8, 3, 4, 5, 6, 10, 12
Pruebas Individuales de Problemas y Teoría	30%	2	0,08	2, 1, 9, 7, 8, 6, 11
Resolución de Problemas en Grupo (I)	10%	2	0,08	2, 1, 9, 7, 8, 5, 6, 11, 12
Resolución de Problemas en Grupo (II)	10%	2	0,08	2, 1, 9, 7, 5, 6, 11

Bibliografía

Computer Architecture: A Quantitative Approach. 5th Edition
John Hennessy, David Patterson, Morgan Kaufmann (Elsevier) 2012 (Cap. 4 y 5)

Structured Parallel Programming: Patterns for efficient computation
M. McCool, J. Reinders, A. Robison, Elsevier, 2012

Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems
T. Rauber, G. Rüniger, Springer (Elsevier), 2010

Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach
D. Kirk, & W.M. Hwu, Morgan Kaufmann (Elsevier), 2010