



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2019/20

51199 - COMPUTACIÓN DE ALTAS PRESTACIONES

CENTRO: 415 - IU de Microelectrónica Aplicada

TITULACIÓN: 5048 - MU Electrónica y Telecomunicación Aplicadas

ASIGNATURA: 51199 - COMPUTACIÓN DE ALTAS PRESTACIONES

CÓDIGO ULPGC: 51199

CÓDIGO UNESCO: 120323

MÓDULO: MÓDULO DE OPTATIVIDAD **MATERIA:**

TIPO: Optativa

CRÉDITOS ECTS: 4,5

CURSO: 1

SEMESTRE: 2º semestre

LENGUA DE IMPARTICIÓN (Especificar créditos de cada lengua)

ESPAÑOL: 4,5

INGLÉS:

SUMMARY

High Performance Computing most generally refers to the practice of aggregating computing power in a way that delivers much higher performance than one could get out of a typical desktop computer or workstation in order to solve large problems in science, engineering, or business. In this subject High Performance Computing is covered by means of parallel programming in heterogeneous computing. For this purpose CUDA is introduced as a parallel computing platform and programming model developed by NVIDIA for general computing on graphical processing units (GPUs). Moreover, OpenCL (Open Computing Language) is used as a framework for writing programs that execute across heterogeneous platforms consisting of central processing units (CPUs), graphics processing units (GPUs), digital signal processors (DSPs), field-programmable gate arrays (FPGAs) and other processors or hardware accelerators.

The learning results for this subject are the following:

- Students solve problems by means of parallel approach for GPUs and heterogeneous environments (GPU-FPGA-CPU)
- Students program applications with CUDA and OpenCL
- Students improve the performance of CUDA/OpenCL applications by means of parallel patterns

REQUISITOS PREVIOS

Poseer conocimientos avanzados de programación.

Plan de Enseñanza (Plan de trabajo del profesorado)

Contribución de la asignatura al perfil profesional:

Esta asignatura proporciona la formación para que los estudiantes durante su etapa de investigación sean capaces de obtener el máximo rendimiento de sus aplicaciones mediante arquitecturas y herramientas HPC, que les permitirán resolver problemas técnicos y científicos de su especialidad.

Competencias que tiene asignadas:

GENERALES: CG1, CG2

BÁSICAS: CB6, CB7, CB8, CB9, CB10

TRANSVERSALES: CT1

Objetivos:

OBJ-1. Resolver un problema en el ámbito científico mediante un modelo de programación optimizado en GPUs de NVIDIA mediante CUDA

OBJ-2. Resolver un problema en el ámbito científico mediante un modelo de programación optimizado en OpenCL

OBJ-3. Optimizar el rendimiento de sus aplicaciones CUDA y OpenCL mediante diferentes enfoques (patrones de paralelismo, librerías)

Contenidos:

De acuerdo con la memoria VERIFICA del META los contenidos de esta asignatura son los siguientes:

- Programación de GPUs NVIDIA en CUDA
- Programación de FPGA/GPUs en OpenCL
- Optimización de aplicaciones CUDA/OpenCL mediante patrones de paralelismo

El temario teórico de la asignatura se divide en dos grandes bloques:

BLOQUE 1: Programación de GPUs NVIDIA en CUDA (20 horas)

Competencias: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06

Objetivos: OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

- Modelo de Paralelismo de datos y CUDA C
- Modelo de ejecución de CUDA
- Jerarquía de memorias en CUDA
- Rendimiento
- Patrones paralelos
- Librerías CUDA

BLOQUE 2: Programación de FPGA/GPUs en OpenCL (8 horas)

Competencias: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06

Objetivos: OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

- Modelo de plataforma
- Modelo de ejecución
- Modelo de programación y kernels
- Modelo de Memoria: lado del host y del device
- OpenCL Runtime y modelo de concurrencia

La parte teórica de la asignatura se complementa con clases prácticas en la que se abordan las siguientes competencias y objetivos:

Competencias: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06

Objetivos: OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

Las prácticas que se realizarán a lo largo del semestre son las siguientes:

CLASE PRÁCTICA 1. Introducción al entorno de trabajo (1 hora)

En esta clase el estudiante se familiarizará con el entorno de trabajo en el que se desarrollarán

tanto las clases teóricas como las prácticas de la asignatura. Este entorno incluirá una introducción al entorno de desarrollo en el que compilarán y ejecutarán sus programas

CLASE PRÁCTICA 2. Resolución de problemas mediante CUDA (11 horas)

En esta clase el estudiante resolverá problemas planteados por el profesor explotando el modelo de paralelismo de CUDA y aplicando diferentes patrones para optimizar el rendimiento de su aplicación

CLASE PRÁCTICA 3. Resolución de problemas mediante OpenCL (3 horas)

En esta clase el estudiante resolverá problemas planteados por el profesor explotando el modelo de paralelismo de OpenCL y aplicando diferentes patrones para optimizar el rendimiento de su aplicación.

Metodología:

De acuerdo con el VERIFICA del META, las metodologías utilizadas en las diferentes actividades formativas son las siguientes:

- Método expositivo/Lección magistral. Enseñanza directa expositiva y demostrativa para aquellos contenidos esenciales y/o que requieran una explicación detallada por parte del profesor.
- Actividades prácticas. Actividades presenciales que requieren la transferencia de conocimientos conceptuales con los procedimentales, favoreciendo la autonomía y la capacidad de reflexión de los estudiantes, así como fomentando las habilidades personales, y las interpersonales mediante el trabajo en equipo.
- Trabajos, proyectos y memorias. Realización y/o exposición individual o en grupo de trabajos monográficos sobre la asignatura.
- Actividades no presenciales: destinadas al fomento del estudio y al desarrollo por parte del alumno de las competencias de trabajo autónomo y de autoaprendizaje.
- Exámenes. Realización de exámenes parciales y/o finales correspondientes a las distintas asignaturas del plan de estudios.

A continuación se detallan cada una de las actividades formativas consideradas:

TIPO DE ENSEÑANZA: PRESENCIAL

ACTIVIDAD FORMATIVA: Clase de teoría

CRÉDITOS ECTS: 1,12 (28 horas)

BLOQUES TEMÁTICOS: Temas 1 y 2

METODOLOGÍAS: Lección magistral y actividades prácticas

COMPETENCIAS ADQUIRIDAS: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06, OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

DESCRIPCIÓN. En esta clase el profesor presentará los conceptos de la asignatura mediante transparencias, que se combinarán con la realización en el ordenador de programas sencillos en los que se apliquen los conceptos presentados. Los estudiantes realizarán estos programas de forma individual en sus puestos de trabajo guiados por el profesor, y los subirán al campus virtual para ser evaluados. Durante el transcurso de la clase los estudiantes podrán intervenir mediante preguntas o proponiendo soluciones alternativas que se razonarán y debatirán.

TIPO DE ENSEÑANZA: PRESENCIAL

ACTIVIDAD FORMATIVA: Prácticas de laboratorio

CRÉDITOS ECTS: 0,6 (15 horas)

BLOQUES TEMÁTICOS: Clases prácticas 1, 2 y 3

METODOLOGÍAS: Lección magistral y actividades prácticas

COMPETENCIAS ADQUIRIDAS: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06, OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

DESCRIPCIÓN. El profesor planteará y explicará los enunciados de los ejercicios que los estudiantes tendrán que resolver en el ordenador de forma autónoma e individual durante las sesiones presenciales de laboratorio. La resolución de estos ejercicios tiene como fin que el estudiante consolide los conceptos de teoría, aplicando los conceptos teóricos y preguntando al profesor las posibles dudas que le surjan en la resolución del ejercicio. El estudiante resolverá estos supuestos de forma presencial en el laboratorio y subirá su solución al campus para que sea evaluada por su profesora de acuerdo con los criterios de evaluación expuestos en este proyecto docente.

TIPO DE ENSEÑANZA: PRESENCIAL

ACTIVIDAD FORMATIVA: Evaluación parcial y convocatorias

CRÉDITOS ECTS: 0,08 (2 horas)

BLOQUES TEMÁTICOS: Bloques 1 y 2

METODOLOGÍA: Trabajos, proyectos y memorias

COMPETENCIAS ADQUIRIDAS: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06, OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

DESCRIPCIÓN. Cada estudiante realizará y presentará de forma individual una implementación utilizando los conceptos estudiados a lo largo de la asignatura. Esta implementación resolverá el supuesto práctico que el profesor indique a cada estudiante. El profesor propondrá un supuesto práctico diferente a cada estudiante y, en algunos casos, indicará al estudiante que interactúe con otros estudiantes para comparar sus resultados.

TIPO DE ENSEÑANZA: NO PRESENCIAL

ACTIVIDAD FORMATIVA: Trabajo autónomo

CRÉDITOS ECTS: 2,7 (67,5 horas)

BLOQUES TEMÁTICOS: Temas 1 y 2 de teoría y Prácticas 1 y 2

METODOLOGÍA: Actividad no presencial. Trabajos, proyectos y memorias

COMPETENCIAS ADQUIRIDAS: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06, OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

DESCRIPCIÓN. Esta actividad requiere, en primer lugar el estudio por parte del alumno, y en segundo lugar que el alumno, de manera individual o en grupo, se aplique a la comprensión de los contenidos, la búsqueda de información, la realización de tareas, y la preparación de exámenes.

Evaluación:

Criterios de evaluación

Se establecen como fuentes de evaluación las siguientes:

- Entrega, en tiempo y forma, de la solución de los ejercicios propuestos en las sesiones presenciales de teoría y laboratorio.
- Entrega y presentación del código realizado por el estudiante para resolver un supuesto práctico planteado por el profesor. La solución tendrá que funcionar y utilizar de forma adecuada los conceptos presentados en las clases teóricas y en las prácticas. Asimismo el estudiante tendrá que demostrar que la solución ha sido optimizada utilizando alguno de los enfoques presentados en las clases de teoría.

ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN: Entrega de la solución de los ejercicios propuestos durante las sesiones presenciales de teoría y laboratorio

COMPETENCIAS EVALUADAS: CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06, OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

DESCRIPCIÓN JUSTIFICATIVA: Durante cada sesión presencial de teoría y laboratorio el profesor propondrá ejercicios que el estudiante debe resolver de forma individual durante un tiempo indicado por el profesor. Estos ejercicios se resolverán con los conceptos que el profesor vaya presentando a lo largo del semestre. Tanto en las sesiones de teoría como en las prácticas, el estudiante subirá al campus la solución alcanzada en estos ejercicios para que sean valorados por el profesor.

La calificación de las entregas realizadas a través del campus virtual es una forma de que cada estudiante sea consciente de cómo va su aprendizaje de la asignatura a lo largo del semestre. En caso de que el estudiante obtenga una nota suspensa en estas entregas no será recuperable. Esta nota simplemente se utilizará en el cálculo de la calificación final durante la evaluación continua.

En relación con la entrega de la solución de los ejercicios propuestos en las sesiones de teoría y laboratorio, se considerarán adquiridas estas competencias cuando el estudiante realice todas las entregas en tiempo y forma a través del campus virtual y su valoración sea una nota mayor o igual al 50% de la nota asignada a esta prueba.

ACTIVIDAD DE EVALUACIÓN: Entrega de supuesto práctico en Laboratorio (parcial y convocatorias)

COMPETENCIAS EVALUADAS:CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06, OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3

DESCRIPCIÓN: El estudiante, de forma autónoma e individual, tendrá que resolver un supuesto práctico planteado por el profesor. Para alcanzar la solución de forma adecuada el estudiante deberá analizar el problema, razonar y aplicar de forma adecuada los conceptos presentados en las sesiones teóricas y prácticas de la asignatura. Asimismo el estudiante tendrá que demostrar que el código ha sido optimizado presentando un estudio detallado de las mejoras alcanzadas y demostrando cuantitativamente el grado de mejora alcanzado.

En esta entrega se considerará que el estudiante ha adquirido estas competencias si su nota es mayor o igual al 50% de la nota asignada a esta prueba.

Criterios de evaluación relativos a la entregas tanto del supuesto práctico como a la solución de ejercicios propuestos en las sesiones presenciales de teoría y laboratorio:

- Se valorará que el estudiante de forma autónoma realice un análisis adecuado del problema a resolver (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1) (OBJ-3)
- Es imprescindible que el programa funcione correctamente y que la implementación del código sea la adecuada. Asimismo el estudiante tendrá que demostrar que el código entregado ha sido optimizado (CG1, CG2, CB6, CB7, CB8, CB9, CB10, CT1, CE.05, CE.06) (OBJ-1, OBJ-2, OBJ-3)

Sistemas de evaluación

El sistema de evaluación se establece a partir de cada una de las fuentes de evaluación ya indicadas y considera los siguientes aspectos:

- La presentación de las soluciones de los ejercicios propuestos durante cada sesión presencial de teoría y/o práctica. Los ejercicios propuestos en las sesiones de teoría se realizarán de forma guiada con el profesor, mientras que en las sesiones de laboratorio el estudiante deberá resolver los ejercicios de forma autónoma e individual. En cualquiera de los casos los estudiantes pueden

realizar preguntas al profesor y colaborar con sus compañeros. Tanto en las sesiones de teoría como en las de laboratorio, los estudiantes subirán al campus sus soluciones durante la sesión para que sean evaluadas por su profesor de acuerdo con los criterios de evaluación presentados en este proyecto docente. La valoración de esta tarea se considerará únicamente en la evaluación continua de la asignatura.

- Una entrega de la solución a un supuesto práctico planteado por el profesor. El profesor propondrá un supuesto diferente a cada estudiante a mitad del semestre. En algunos de estos supuestos el profesor podrá requerir que se realice una comparación de resultados con la entrega propuesta a otro estudiante. Cada estudiante resolverá su problema de forma individual y lo presentará al profesor en las fechas que se habiliten para ello tanto en el parcial al final del semestre como en las convocatorias oficiales.

La nota final de la asignatura en evaluación continua se obtiene a partir de la nota por la entrega de los ejercicios resueltos durante las sesiones de teoría y laboratorio, más un 50% de la nota obtenida en la entrega del trabajo práctico. Este cálculo se aplicará siempre y cuando la calificación obtenida en la entrega del trabajo práctico sea mayor o igual a 5 (sobre 10).

La nota final de la asignatura en las convocatorias (ordinaria, extraordinaria y especial) será la calificación obtenida en el supuesto práctico. En cualquiera de las convocatorias el estudiante superará la asignatura cuando obtenga una calificación mayor o igual a 5 (sobre 10) en el supuesto práctico.

Criterios de calificación

EVALUACIÓN CONTINUA:

La asistencia a las sesiones presenciales (teoría y laboratorio) se justificará mediante la firma del estudiante.

La entrega de las soluciones de los ejercicios propuestos durante las sesiones presenciales de teoría y laboratorio serán valoradas con la máxima puntuación si funcionan correctamente, si la implementación del código es la adecuada, y si se ha alcanzado la solución de forma autónoma e individual. La calificación de estas entregas será hasta 5 puntos ponderadamente, en función de las entregas realizadas a lo largo del semestre en su asistencia a las clases de teoría y laboratorio.

La calificación de la entrega del trabajo práctico considerará tanto el funcionamiento correcto como la implementación adecuada y optimizada del código. Esta entrega se considerará aprobada cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5 (sobre 10).

Cuando el estudiante haya superado la entrega del trabajo práctico, la nota final será el resultado de sumar la calificación obtenida por la entrega de soluciones a problemas propuestos en las sesiones de teoría y laboratorio, más el 50% de la nota obtenida en la entrega del trabajo práctico.

CONVOCATORIAS ORDINARIA, EXTRAORDINARIA Y ESPECIAL:

Cuando un estudiante no supere la entrega del trabajo práctico del parcial puede recuperarlo en cualquiera de las convocatorias oficiales: ordinaria, extraordinaria y especial. Cuando supere esta entrega con una nota mayor o igual a 5 (sobre 10), la nota final de la asignatura será la obtenida en el trabajo práctico de la convocatoria. En cualquiera de las convocatorias no se considerarán las entregas que el estudiante haya realizado a lo largo del curso

Plan de Aprendizaje (Plan de trabajo de cada estudiante)

Tareas y actividades que realizará según distintos contextos profesionales (científico, profesional, institucional, social)

Las tareas del estudiante en los distintos contextos serán las siguientes:

- Recibir y comprender conocimientos
- Plantear y resolver problemas
- Participar activamente en debates acerca de las soluciones alcanzadas
- Realizar su trabajo de forma individual
- Analizar resultados de forma crítica

Temporalización semanal de tareas y actividades (distribución de tiempos en distintas actividades y en presencialidad - no presencialidad)

Las actividades presenciales incluyen las clases teóricas, las prácticas y la evaluación práctica. Las horas no presenciales incluyen el trabajo autónomo del estudiante para estudiar la teoría y consolidar los conceptos trabajados los ejercicios propuestos.

SEMANA 1: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 1

No presencial: Trabajo autónomo (4 horas)

SEMANA 2: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (4 horas)

SEMANA 3: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (4 horas)

SEMANA 4: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (4 horas)

SEMANA 5: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (4 horas)

SEMANA 6: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (4 horas)

SEMANA 7: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (4 horas)

SEMANA 8: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (4,5 horas)

SEMANA 9: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (5 horas)

SEMANA 10: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 1

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (5 horas)

SEMANA 11: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 2

Práctica (1 hora) Práctica 2

No presencial: Trabajo autónomo (5 horas)

SEMANA 12: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 2

Práctica (1 hora) Práctica 2
No presencial: Trabajo autónomo (5 horas)
SEMANA 13: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 2
Práctica (1 hora) Práctica 3
No presencial: Trabajo autónomo (5 horas)
SEMANA 14: Presencial: Teoría (2 horas) Tema 2
Práctica (1 hora) Práctica 3
No presencial: Trabajo autónomo (5 horas)
SEMANA 15: Presencial: Evaluación mediante entrega de trabajos prácticos (2 horas)
Práctica (1 hora) Práctica 3
No presencial: Trabajo autónomo (5 horas)

Recursos que tendrá que utilizar adecuadamente en cada uno de los contextos profesionales.

Los recursos materiales que el usuario tendrá que utilizar durante su aprendizaje se encuentran disponibles en el Laboratorio ASIC del Departamento de Ingeniería Electrónica y Automática. Los puestos del laboratorio se encuentran equipados con las herramientas necesarias para el seguimiento de las clases de teoría y laboratorio. Además se utilizará la plataforma Moodle (Campus Virtual) como herramienta de apoyo a la docencia presencial y publicación del material docente.

Resultados de aprendizaje que tendrá que alcanzar al finalizar las distintas tareas.

- El estudiante resuelve un problema mediante un razonamiento que permita programarlo de forma paralela tanto en GPUs como en entornos heterogéneos (GPU/FPGA-CPU)
- El estudiante programa aplicaciones en CUDA y OpenCL
- El estudiante optimiza el rendimiento de las aplicaciones CUDA/OpenCL utilizando patrones de paralelismo

Plan Tutorial

Atención presencial individualizada (incluir las acciones dirigidas a estudiantes en 5ª, 6ª y 7ª convocatoria)

La profesora de la asignatura tiene establecido un plan de acción tutorial para los alumnos que se encuentren en 5ª o posterior convocatoria, basado en los siguientes puntos:

- Se enviará un correo a todos los alumnos en 5ª convocatoria o posterior (con copia al Coordinador del Máster) para hacerles partícipes de este tipo de acciones e invitarles a ponerse en contacto con el profesorado de la asignatura para acordar un plan de tutorías semanales y el establecimiento de un compromiso de seguimiento por parte de cada alumno.
- En dichas tutorías se aclararán cuantas dudas pueda plantear el alumno, y se le propondrán ejercicios para su resolución dado que la asignatura tiene un carácter eminentemente práctico. Se fijará una serie de fechas en las que se debe ir cubriendo todos los contenidos de la asignatura.
- Se realizará un seguimiento del aprovechamiento académico de los alumnos. A partir de las tutorías semanales se evaluará el progreso de cada alumno en el aprendizaje de los contenidos de la asignatura. Además se llevará un control de firmas de asistencia a las tutorías.
- Como parte del material de trabajo a utilizar en el plan de tutorías se les propondrá a los alumnos un paquete de enunciados y problemas orientados a examen y, en caso necesario, se les guiará en la realización del trabajo de curso.

Atención presencial a grupos de trabajo

El profesorado de la asignatura dedica unas horas semanales a la atención presencial en el horario de tutorías publicado en el espacio habilitado para la asignatura en campus virtual. Es importante mencionar que los profesores de la asignatura tienen este horario para todas las asignaturas que imparten.

Cualquier cambio sobre este horario será informado en tiempo y forma. Asimismo, en el tablón de anuncios del Departamento de Ingeniería Telemática (segunda planta del pabellón C), se indica los horarios de tutorías (en despacho) de los profesores de la asignatura.

Atención telefónica

Dado el carácter práctico de la asignatura, no es posible la resolución de dudas de carácter técnico por teléfono. La atención telefónica y el correo electrónico se destinará a resolver cuestiones de planificación, aspectos administrativos, citas previas, etc.

Atención virtual (on-line)

Se atenderá a los alumnos mediante la tutoría privada de campus virtual, siempre que sea posible (según las características de la duda). Cuando esto no sea posible, se convocará al alumno a una tutoría individual en el despacho del profesor.

Datos identificativos del profesorado que la imparte.

Datos identificativos del profesorado que la imparte

Dr./Dra. Ernestina Ángeles Martel Jordán

(COORDINADOR)

Departamento: 238 - INGENIERÍA TELEMÁTICA

Ámbito: 560 - Ingeniería Telemática

Área: 560 - Ingeniería Telemática

Despacho: INGENIERÍA TELEMÁTICA

Teléfono: 928452876 **Correo Electrónico:** ernestina.martel@ulpgc.es

Bibliografía

[1 Básico] Programming massively parallel processors: a hands-on approach /

by David B. Kirk and Wen-mei W. Hwu.

Morgan Kaufmann Publishers,, Burlington, MA : (2010)

978-0-12-381472-2

[2 Básico] Heterogeneous Computing with OpenCL 2.0

David Kaeli, Perhaad Mistry, Dana Schaa, Dong Ping Zhang

Elsevier - (Tercera)

978-0-12-801414-1

[3 Básico] CUDA by example :an introduction to general-purpose GPU programming /

Jason Sanders, Edward Kandrot.

Addison-Wesley,, Boston : (2011)

978-0-13-138768-3

[4 Básico] OpenCL parallel programming development cookbook: accelerate your applications and understand high-performance computing with over 50 OpenCL recipes /

Raymond Tay.

Packt Publishing,, Birmingham : (2013)

[5 Recomendado] CUDA for Engineers: An Introduction to High-Performance Parallel Computing

Duane Storti and Mete Yurtoglu

Addison Weslwy - (2016)

978-0-13-417754-0

[6 Recomendado] Professional CUDA C Programming

John Cheng Max Grossman Ty McKercher

2014

978-1-118-73932-7

[7 Recomendado] The CUDA Handbook: A Comprehensive Guide to GPU Programming

Nicholas Wilt

Addison Wesley - (2013)

978-0-13-326151-6

[8 Recomendado] CUDA: application design and development /

Rob Farber.

Elsevier :, Amsterdam ...[etc.] : (2011)

978-0-12-388426-8

[9 Recomendado] CUDA Programming: a developer's guide to parallel computing with GPUs /

Shane Cook.

Elsevier,, Amsterdam ... [etc.] : (2013)

978-0-12-415933-4