

## Nom: Temes Avançats en Algorísmia i Complexitat

**Tipus:** Optativa

**Semestre:** S3

**ECTS:** 6

**Punts de docència:** 15

**Periodicitat de l'oferta:** Anual

**Unitat bàsica responsable:** LSI

**PDI responsable:** Carme Àlvarez, Jordi Cortadella, Maria Serna

**Idioma d'impartició:** Anglès o Català o Castellà

**Prerequisits:** Cal disposar de coneixements sobre algorísmia i complexitat computacional, a nivell de les assignatures Algorísmia i Complexitat d'aquest Master. També cal disposar d'uns coneixements bàsics sobre Àlgebra de Boole, Circuits lògics, Algorísmia i Estructures de Dades, i Teoria de grafs. Aquestes matèries s'imparteixen al primer cicle de qualsevol titulació en Informàtica. En particular, a la Facultat d'Informàtica de Barcelona, aquests coneixements s'imparteixen a les assignatures Introducció als Computadors, Introducció a la Lògica, Matemàtica Discreta, i Anàlisi i Disseny d'Algorismes. A la Facultat de Matemàtiques i Estadística, la major part d'aquests coneixements s'adquireixen a les assignatures Algorísmica i Lògica i Fonamentació.

**Organització:** El curs està organitzat en tres mòduls independents de 2 ECTS

### Mòdul: Teoria de Jocs: Jocs de Congestió

#### Objectius:

L'objectiu d'aquest mòdul és fer una breu immersió a la teoria de jocs orientada en aquest curs a modelitzar problemes de congestió en xarxes de comunicació. Es pretén que l'estudiant conegui algunes nocions bàsiques de la teoria de jocs com joc estratègic, comportament racional dels jugadors i equilibri de Nash. El mòdul se centrarà en un tipus particular de joc estratègic conegut amb el nom de jocs de congestió. S'estudiarà l'existència d'equilibri de Nash en diferents tipus de xarxes i usuaris, es presentaran algorismes que computen un equilibri en cas de que existeixi i es classificarà la complexitat computacional del problema en cada cas.

#### Continguts:

##### 1. Jocs estratègics.

- Definició i exemples clàssics.
- Equilibri de Nash: pur i mixte.
- Comportament racional dels jugadors.

##### 2. Jocs de congestió.

- Definició i exemples.
- Problemes computacionals interessants: existència i computació d'un equilibri de Nash.
- Diferents tipus de jocs de congestió.

### 3. Jocs de congestió sense pesos.

- Usuaris sense pesos: tots els paquets tenen el mateix pes.
- Jocs potencials: existència assegurada d'un equilibri de Nash pur.
- Relació entre jocs potencials i jocs de congestió.
- Computació d'un equilibri de Nash pur:
  - Usuaris amb el mateix origen i destí: temps polinòmic.
  - Usuaris amb diferents orígens i destins: Cerca local.

### 4. Jocs de congestió amb pesos.

- Usuaris amb pesos: els paquets poden tenir diferents pesos.
- Pot no existir cap equilibri de Nash pur.
- Existència d'equilibri i complexitat del problema en diferents tipus de xarxes.

### **Enfocament de la metodologia docent:**

Aquest mòdul representa una càrrega de 2 ECTS per l'estudiant (60 hores de treball) repartides entre diferents tipus d'activitats: classes presencials (CP), lectura i estudi d'articles i capítols de llibres tan per a l'adquisició de coneixements complementaris com per a l'elaboració d'un treball en grup (Comp), resolució de problemes (Prob) i realització d'una prova d'avaluació (Aval).

Les classes presencials introduiran conceptes fonamentals i es revisaran les solucions d'alguns dels problemes proposats.

Adicionalment es proposarà un treball, bàsicament de recerca bibliogràfica, per tal de completar els resultats més clàssics presentats durant el curs amb els resultats més recents o per tal de conèixer amb més detall les tècniques emprades per obtenir alguns dels resultats presentats.

### **Mètode d'avaluació:**

L'avaluació es realitzarà de manera ponderada tenint en compte les diverses activitats realitzades durant el curs. Al final del mòdul hi haurà un examen escrit que consistirà bàsicament en resoldre exercicis del tipus vist durant el curs. També s'haurà de presentar el treball que s'ha esmentat abans, un treball bàsicament de recerca bibliogràfica, lectura i elaboració d'un document final per escrit.

### **Recursos per a l'aprenentatge:**

Els estudiants disposaran del material (còpies dels apunts manuscrits o de les transparències) elaborat pel professor per a la preparació del curs. Llista d'exercicis. A més tindran accés a la bibliografia bàsica.

## **Mòdul: Síntesi Lògica**

### **Objectius:**

L'objectiu d'aquest mòdul és el d'introduir a l'alumne en el tema de l'automatització del disseny de circuits d'alta complexitat. Es pretén que l'alumne tingui una visió global del problema, des de l'especificació del comportament dels circuits fins a la seva implementació. El mòdul es centrarà en una de les fases del disseny: la síntesi lògica. Es revisaran els algorismes principals, tant exactes com heurístics, que permeten obtenir

realitzacions senzilles de circuits lògics, tant combinatoris com seqüencials.

### **Continguts:**

1. Fluxe de disseny de circuits.

- Llenguatges de descripció de hardware. Síntesi d'alt nivell. Síntesi lògica. Síntesis de layout.

2. Optimització lògica de dos nivells.

- Implicants, primers, cobriments.

- Minimització exacta.

- Minimització heurística. Espresso.

3. Optimització lògica multinivell.

- Xarxes Booleanes. Transformacions.

- El model algebraic. Divisió algebraica. Extracció de kernels.

Descomposició.

- El model Booleà. Condicions de \emph{don't care}. Simplificació Booleana.

4. Optimització lògica seqüencial.

- Revisió de les fases principals: minimització d'estats, codificació, retiming.

### **Enfocament de la metodologia docent:**

Aquest mòdul representa un càrrega de 2 ECTS per a l'estudiant (60 hores de treball), repartides entre diversos tipus d'activitats: classes presencials (CP), lectura i estudi de material addicional (articles i capítols de llibres) per a l'adquisició de coneixements complementaris (Comp), resolució de problemes (Prob), exercicis pràctics de laboratori (Lab) i estudi i realització de la prova d'avaluació (Aval).

Les classes presencials introduiran els conceptes principals del curs i faran breus revisions dels temes addicionals que seran recomenats per a lectura. Addicionalment, es proposaran problemes que l'alumne haurà de resoldre durant el curs. Finalment, els coneixements adquirits es posaran en pràctica utilitzant eines de síntesi lògica per a la optimització de circuits reals (aritmètics, de control, màquines d'estats).

### **Mètode d'avaluació:**

L'avaluació es realitzarà de manera ponderada tenint en compte les diverses activitats realitzades durant el curs. Al final del mòdul es donarà a cada alumne una prova d'avaluació que consistirà en la resolució de un problema i en la realització d'una pràctica d'utilització d'eines de síntesi lògica.

Es demanarà que aquests exercicis siguin entregats al cap d'uns dies (una setmana aproximadament) i es tindrà una entrevista per avaluar el grau d'assimilació dels coneixements del mòdul.

### **Recursos per a l'aprenentatge:**

Bibliografia Bàsica:

Giovanni De Micheli,

Synthesis and Optimization of Digital Circuits,  
McGraw Hill, 1994.

G. Hachtel and F. Somenzi,  
Logic Synthesis and Verification Algorithms,  
Kluwer Academic Publishers, 1996.

A més dels llibres de text recomanats a la bibliografia bàsica, els estudiants disposaran del següent material complementari.

Presentació en powerpoint del curs:  
Giovanni De Micheli,

Notes de curs.  
<http://si2.epfl.ch/~demichel/publications/mcgraw/powerpoint>

Col.lecció de problemes:  
J. Cortadella.  
Logic synthesis: problems.

Eines de laboratori:

Espresso i SIS, per a la síntesi lògica de circuits,  
<http://embedded.eecs.berkeley.edu/pubs/downloads>  
(també existeix una versió per windows).

Manual de SIS:  
E. M. Sentovich, K. J. Singh, L. Lavagno, C. Moon, R. Murgai, A. Saldanha, H. Savoj, P. R. Stephan, R. K. Brayton and A. Sangiovanni-Vincentelli,  
SIS: A system for sequential circuit synthesis,  
UC Berkeley, May 1992.

Bibliografia complementària:

R.K. Brayton, G. Hachtel, C. McMullen and A. Sangiovanni-Vincentelli,  
Logic Minimization Algorithms for VLSI Synthesis,  
Kluwer Academic Publishers, 1984.

R.K. Brayton, G.D. Hachtel and A. Sangiovanni-Vincentelli,  
Multilevel Logic Synthesis,  
Proc. of the IEEE, vol. 78 (2): 264-300, Feb. 1990.

## **Mòdul: Algorismes parametrizats**

### **Objectius:**

L'objectiu d'aquest mòdul és el d'introduir a l'alumne en un àrea de l'algorísmia que pretén dissenyar algorismes eficients per a subclasses de problemes NP-difícils. Es pretén proporcionar una visió global de les tècniques de disseny d'algorismes eficients per a problemes parametrizats tractables, així com de les eines que es fan servir per poder demostrar la intractabilitat de una parametrizació de problemes. El mòdul es centra

en la presentació de les eines genèriques amb aplicacions a problemes complexos rellevants. S'introduiran els mecanismes de parametrizació, les classes de complexitat parametrizada i es presentaran les tècniques algorísmiques bàsiques. El segon objectiu del mòdul és la presentació de diversos resultats, positius i negatius, sobre problemes NP-difícils estudiats des de el punt de vista de la parametrizació.

### **Continguts:**

1. Parametrizació de problemes. Algorismes de paràmetre fix.
  - Exemples de problemes NP-difícils i parametrizació.
  - Anàlisi comparativa de la complexitat algorísmica en funció de la dependència del paràmetre.
  - Paràmetres naturals.
  - Algorismes de paràmetre fix. Exemples.
2. Classes de complexitat parametrizada.
  - La classe FPT.
  - La jerarquia W
  - Altres classes.
  - Implicacions del col·lapse de la jerarquia W.
3. Dificultat en classes parametrizadas.
  - FPT redcibilit.
  - Alguns problemes difícils pels primers nivells de la jerarquia W.
  - Altres problemes difícils.
4. Tècniques de disseny d'algorismes de paràmetre fix.
  - Kernelizació.
  - Arbres de cerca fitats.
  - Altres tècniques pel disseny d'algorismes parametrizados.

### **Enfocament de la metodologia docent:**

Aquest mòdul representa un càrrega de 2 ECTS per a l'estudiant (60 hores de treball), repartides entre diversos tipus d'activitats: classes presencials (CP), lectura i estudi de material addicional (articles i capítols de llibres) per a l'adquisició de coneixements complementaris (Comp), resolució de problemes (Prob), i estudi i realització de la prova d'avaluació (Aval).

Les classes presencials introduiran els conceptes principals del curs i faran breus revisions dels temes addicionals que seran recomanats per a lectura. Addicionalment, es proposaran problemes que l'alumne haurà de resoldre durant el curs i que formaran part de l'avaluació.

### **Mètode d'avaluació:**

L'avaluació es realitzarà de manera ponderada tenint en compte les diverses activitats realitzades durant el curs. Al final del mòdul es donarà a cada alumne una prova d'avaluació que consistirà en la resolució de problemes. Es demanarà que aquests exercicis siguin lliurats al cap d'uns dies (una setmana aproximadament) i es tindrà una entrevista per avaluar el grau d'assimilació dels coneixements del mòdul.

### **Recursos per a l'aprenentatge:**

Bibliografia bàsica:

Downey i Fellows,  
Parameterized Complexity Springer-Verlag, 1999.

R.~Niedermeier.

Invitation to fixed-parameter algorithms. Habilitationsschrift, Universität Tübingen,  
2002.

A més dels llibres de text recomanats a la bibliografia bàsica, els estudiants disposaran del següent material complementari, que serà accessible a través de la pàgina web assignada al curs.

- Guia d'estudi i transparències
- Col·lecció de problemes

Com a bibliografia complementària es faran servir diversos articles de recerca que es triaran d'acord amb la selecció de problemes que s'utilitzen com exemples al curs.