

## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

Unitat responsable: 270 - FIB - Facultat d'Informàtica de Barcelona  
Unitat que imparteix: 723 - CS - Departament de Ciències de la Computació  
Curs: 2019  
Titulació: GRAU EN ENGINYERIA INFORMÀTICA (Pla 2010). (Unitat docent Optativa)  
GRAU EN ENGINYERIA FÍSICA (Pla 2011). (Unitat docent Optativa)  
Crèdits ECTS: 6 Idiomes docència: Català, Castellà

### Professorat

Responsable: - Robert Lukas Mario Nieuwenhuis (roberto@cs.upc.edu)  
Altres: - Albert Oliveras Llundell (oliveras@cs.upc.edu)

### Capacitats prèvies

Coneixements bàsics de matemàtiques (conjunts, funcions, relacions, conteig, combinatòria molt bàsica i tècniques de demostració: inducció, reducció a l'absurd, contrarrecíproc...).

Coneixements d'algorismica, programació (C++) i estructures de dades.

Coneixements de circuits digitals i funcions Booleanes.

Capacitats de treball autònom.

### Requisits

- Pre-requisit EDA  
- Co-requisit PROP

### Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

Específiques:

CC01.1. Avaluar la complexitat computacional d'un problema, conèixer estratègies algorísmiques que puguin dur a la seva resolució, i recomanar, desenvolupar i implementar la que garanteixi el millor rendiment d'acord amb els requisits establerts.

CC02.1. Demostrar coneixement dels fonaments, dels paradigmes i de les tècniques pròpies dels sistemes intel·ligents, i analitzar, dissenyar i construir sistemes, serveis i aplicacions informàtiques que utilitzin aquestes tècniques en qualsevol àmbit d'aplicació.

CC02.2. Capacitat per a adquirir, obtenir, formalitzar i representar el coneixement humà d'una forma computable per a la resolució de problemes mitjançant un sistema informàtic en qualsevol àmbit d'aplicació, particularment en els que estan relacionats amb aspectes de computació, percepció i actuació en ambients o entorns intel·ligents.

CC03.1. Implementar codi crític seguint criteris de temps d'execució, eficiència i seguretat.

CC03.2. Programar considerant l'arquitectura hardware, tant en ensamblador com en alt nivell.

CT1.1A. Demostrar coneixement i comprensió dels conceptes fonamentals de la programació i de l'estructura bàsica d'un computador. CEFB4. Coneixement dels fonaments de l'ús i de la programació dels computadores, dels sistemes operatius, de les bases de dades i, en general, dels programes informàtics amb aplicació a l'enginyeria.

CT1.2C. Interpretar, seleccionar i valorar conceptes, teories, usos i desenvolupaments tecnològics relacionats amb la informàtica i la seva aplicació a partir dels fonaments matemàtics, estadístics i físics necessaris. CEFB3. Capacitat per a comprendre i dominar els conceptes bàsics de matemàtica discreta, lògica, algorísmica i complexitat computacional, i la seva aplicació per al tractament automàtic de la informació mitjançant sistemes computacionals i la seva aplicació per a la resolució de problemes propis de l'enginyeria.

CT2.3. Dissenyar, desenvolupar, seleccionar i avaluar aplicacions, sistemes i serveis informàtics i, al mateix temps,

## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

assegurar-ne la fiabilitat, la seguretat i la qualitat en funció de principis ètics i de la legislació i la normativa vigents.

CT4.1. Identificar les solucions algorísmiques més adequades per a resoldre problemes de dificultat mitjana.

CT4.2. Raonar sobre la correcció i l'eficiència d'una solució algorísmica.

CT4.3. Demostrar coneixement i capacitat d'aplicació dels principis fonamentals i de les tècniques bàsiques dels sistemes intel·ligents i de la seva aplicació pràctica.

CT5.1. Triar, combinar i explotar diferents paradigmes de programació, en el moment de construir software, tenint en compte criteris com la facilitat de desenvolupament, l'eficiència, la portabilitat i la mantenibilitat.

CT5.2. Conèixer, dissenyar i utilitzar de forma eficient els tipus i les estructures de dades més adients per a la resolució d'un problema.

CT5.3. Dissenyar, escriure, provar, depurar, documentar i mantenir codi en un llenguatge d'alt nivell per a resoldre problemes de programació aplicant esquemes algorísmics i utilitzant estructures de dades.

CT5.4. Dissenyar l'arquitectura dels programes utilitzant tècniques d'orientació a objectes, de modularització i d'especificació i implementació de tipus abstractes de dades.

Genèriques:

G3. Conèixer l'idioma anglès amb un nivell adequat de forma oral i escrita, i en consonància amb les necessitats que tindran els graduats i les graduades en Enginyeria Informàtica. Capacitat de treballar en un grup multidisciplinari i en un entorn multilingüe i de comunicar, tant per escrit com de forma oral, coneixements, procediments, resultats i idees relacionats amb la professió d'enginyer tècnic en informàtica.

G9. Capacitat de raonament crític, lògic i matemàtic. Capacitat de resoldre problemes en la seva àrea d'estudi.

Capacitat d'abstracció: capacitat de crear i utilitzar models que reflecteixin situacions reals. Capacitat de dissenyar i realitzar experiments senzills, i analitzar-ne i interpretar-ne els resultats. Capacitat d'anàlisi, de síntesi i d'avaluació.

## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

### Metodologies docents

La principal característica de la metodologia docent és l'utilització de materials docents accessibles a través de la web, específicament dissenyats per a l'auto-aprenentatge de l'assignatura. Aquest material (apunts de teoria, problemes, problemes resolts, exemples de pràctiques de laboratori, software de SAT i de programació lògica sense i amb restriccions) ens permet replantejar el model de les classes, de manera que el tradicional model de classes magistrals desapareix en gran mesura.

Així:

1. Es planteja la classe com un inici de l'estudi i el treball que l'estudiant ha de continuar i aprofundir pel seu compte.
2. Es proporciona el màxim de materials de qualitat (apunts, exercicis resolts, exercicis per fer, referències bibliogràfiques).
3. S'aprofiten al màxim les classes per a fomentar la motivació de l'estudiant (amb exemples, debats, comentaris, etc.) i es transmet l'enfocament i les intuïcions darrere les definicions, propietats i tècniques tractades.

Encara que no hi ha classes específiques de només problemes, a les sessions de classe s'intercalen teoria i problemes de manera flexible segons les necessitats del temari a cada moment. No convé fixar de manera rígida quantes i quines hores setmanals seran de problemes.

Al laboratori es fomentarà el treball autònom per part de l'estudiant, i el paper del professor, que sempre estarà present a les 2 hores setmanals de laboratori, serà en gran mesura de consultor/avaluador dels treballs que l'estudiant realitzarà de forma autònoma a partir d'un enunciat prou específic.

### Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

1. Conèixer el concepte de què és una lògica, en termes de sintaxi (què és una fórmula  $F$ ), i semàntica (què és una interpretació  $I$ , i quan una  $I$  satisfà una  $F$ ).
2. Conèixer la definició (sintaxi i semàntica) de dues lògiques: la proposicional i la de primer ordre. Entendre, escriure i manipular àgilment fórmules en les dues lògiques, amb especial èmfasi a les aplicacions a l'informàtica.
3. Conèixer els conceptes de tautologia/validesa, contradicció, conseqüència i equivalència lògiques (de forma independent de la lògica concreta), com s'utilitzen per a formalitzar problemes pràctics a l'informàtica, i com es redueixen al problema de satisfactibilitat.
4. Conèixer els mètodes de deducció per a determinar les propietats de l'objectiu previ de major relevància a la informàtica: Davis-Putnam, i resolució; la seva correcció i completesa respecte la definició de la lògica. Ser capaç d'aplicar a mà resolució i Davis-Putnam sobre exemples pràctics abordables, i saber utilitzar la resolució com a mecanisme de còmput (càlcul de respostes).
5. Saber aplicar els fonaments lògics a algunes de les aplicacions, cada cop més abundants, a la informàtica dels mètodes deductius: fonaments de la programació lògica (Prolog), bases de dades deductives, circuits, problemes de planificació, etc. Saber expressar alguns problemes pràctics NP-complets (sudokus, horaris, problemes de grafs, circuits) com a problemes de satisfacció de lògica proposicional, i resoldre-ls amb un SAT solver.
6. Saber expressar problemes diversos utilitzant el llenguatge Prolog, i entendre les extensions "extra-lògiques" del Prolog incloses les dels diferents sistemes de restriccions.



## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

### Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 150h	Hores grup gran:	30h	20.00%
	Hores grup mitjà:	0h	0.00%
	Hores grup petit:	30h	20.00%
	Hores activitats dirigides:	6h	4.00%
	Hores aprenentatge autònom:	84h	56.00%

## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

### Continguts

#### Introducció i motivació:

Competències de la titulació a les que contribueix el contingut:

Descripció:

-Importància de la lògica a la informàtica. Exemples. Lògica informàtica vs lògica matemàtica. Què és una lògica?  
Objectius de l'assignatura. Alguns exemples de problemes. Com els resoldríem amb les tècniques vistes a assignatures prèvies? Quant de temps ens costaria? Què en sabríem de les garanties de fiabilitat?

#### Definició de la Lògica Proposicional

Competències de la titulació a les que contribueix el contingut:

Descripció:

Sintaxi i semàntica de la LP. Satisfacció, tautologia, conseqüència i equivalència. Tots aquests problemes es poden expressar com a SAT. Poder expressiu: quines coses es poden modelar? Exercicis sobre: inducció, llegibilitat única de fórmules, formalització de problemes, comptatge (de fórmules, interpretacions, etc.). Problemes de conseqüència i equivalència lògiques, intuïció sobre cost computacional polinòmic i exponencial (taules de veritat), cost lineal d'avaluar una fórmula, entre altres.

#### Deducció en Lògica Proposicional

Competències de la titulació a les que contribueix el contingut:

Descripció:

Formes normals, literals i clàusules. Algorisme de Davis-Putnam-Logemann-Loveland (DPLL) a partir de taules de veritat i arbres de decisió. La pila explícita de Backtracking. Com expressar problemes com a SAT i com utilitzar SAT solvers. Intuïció sobre problemes NP i NP complets. Sistemes deductius: propietats de correctesa, completesa, i completesa refutacional. Resolució: clausura sota resolució. Exercicis sobre formes normals, cost de les transformacions, relació amb circuits digitals, deducció per resolució i DPLL, i formulació de problemes com a SAT: sudokus, vertex cover, confecció d'horaris, hitting set...

#### Definició de la Lògica de Primer Ordre

Competències de la titulació a les que contribueix el contingut:

Descripció:

Sintaxi i semàntica de la LPO. Fórmules tancades. Poder expressiu i decidibilitat. La LP com a cas particular de la LPO. Lògica de primer ordre amb igualtat i teories. Exercicis sobre llegibilitat única de fórmules, formalització de problemes, comptatge (de fórmules, interpretacions, etc.), problemes de conseqüència i equivalència lògiques, models finits i infinits, etc.

#### Deducció en Lògica de Primer Ordre

Competències de la titulació a les que contribueix el contingut:

## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

### Descripció:

Formes normals, literals i clàusules. Pas a forma clausal, Skolemització. Unificació, unificador simultani, les regles d'unificació: acabament i correcció. Resolució i factorització: correctesa i completa refutacional. No-terminació: procediments de decisió i de (co-)semi-decisió. Exercicis de formalització, pas a forma clausal, unificació, resolució, i problemes sobre (semi-)decisió aplicats als programes i la compilació.

### Programació Lògica

Competències de la titulació a les que contribueix el contingut:

#### Descripció:

Càlcul de respostes: com trobar els valors de les variables  $X$  que fan que  $F$  satisfaci una expressió de la forma "Existeix  $X$  tal que  $G$ "? L'estratègia SLD de resolució per clàusules de Horn. Completesa pel càlcul de respostes. La pila de backtracking: què fa l'operador de tall? Altres aspectes extra-lògics: la negació, l'aritmètica predefinida, l'entrada-sortida. Exercicis de resolució amb càlcul de respostes, sobre la teoria i el comportament de programes Prolog, i de confecció de programes Prolog.

### Programació amb restriccions

Competències de la titulació a les que contribueix el contingut:

#### Descripció:

Com obtenir la flexibilitat i rapidesa en l'expressió del problema característica de la programació lògica, i a la vegada tenir l'eficiència de l'ús de resoladors especialitzats per als enters, els reals, dominis finits, etc.? CLP(X) i dominis. Maneres de reduir l'espai de cerca. Problemes lògics amb restriccions d'altres dominis. Exemple: assignació de recursos, horaris. Cerca de solucions òptimes amb CLP.

## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

### Planificació d'activitats

<p><b>Aprentatge del tema Introducció i motivació</b></p>	<p>Dedicació: 3h          Grup gran/Teoria: 1h          Grup mitjà/Pràctiques: 0h          Grup petit/Laboratori: 0h          Activitats dirigides: 0h          Aprentatge autònom: 2h</p>
<p><b>Descripció:</b>          Els estudiants segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes, fan preguntes, i intervenen a la discussió proposada.</p> <p><b>Objectius específics:</b>          1</p>	
<p><b>Aprentatge del tema Definició de la Lògica Proposicional</b></p>	<p>Dedicació: 18h          Grup gran/Teoria: 4h          Grup mitjà/Pràctiques: 0h          Grup petit/Laboratori: 4h          Activitats dirigides: 0h          Aprentatge autònom: 10h</p>
<p><b>Descripció:</b>          Els estudiants fan els exercicis proposats, segueixen l'explicació del professor, fan preguntes, responen les seves preguntes i intervenen a la discussió proposada.</p> <p><b>Objectius específics:</b>          1, 2</p>	
<p><b>Aprentatge del tema Deducció en Lògica Proposicional</b></p>	<p>Dedicació: 25h          Grup gran/Teoria: 6h          Grup mitjà/Pràctiques: 0h          Grup petit/Laboratori: 6h          Activitats dirigides: 1h          Aprentatge autònom: 12h</p>
<p><b>Descripció:</b>          Els estudiants fan els exercicis proposats, que inclouen tant exercicis de problemes a classe com els de laboratori per modelar i resoldre problemes amb aquesta lògica i, en particular, amb SATsolvers. Addicionalment segueixen l'explicació del professor, fan preguntes, responen les seves preguntes i intervenen a la discussió proposada.</p> <p><b>Objectius específics:</b>          1, 2, 3, 4, 5</p>	

## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

<p>Aprentatge del tema Definició de la Lògica de Primer Ordre</p>	<p>Dedicació: 18h Grup gran/Teoria: 6h Grup mitjà/Pràctiques: 0h Grup petit/Laboratori: 4h Activitats dirigides: 0h Aprentatge autònom: 8h</p>
<p>Descripció: Els estudiants fan els exercicis proposats, segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes i intervien a la discussió proposada.</p> <p>Objectius específics: 1, 2, 3, 4, 5</p>	
<p>Examen parcial</p>	<p>Dedicació: 7h Activitats dirigides: 2h Aprentatge autònom: 5h</p>
<p>Descripció: Examen parcial escrit sobre la primera meitat de la matèria de teoria. Es fa en hores de classe.</p> <p>Objectius específics: 1, 2, 3, 4, 5</p>	
<p>Aprentatge del tema Deducció en Lògica de Primer Ordre</p>	<p>Dedicació: 19h Grup gran/Teoria: 4h Grup mitjà/Pràctiques: 0h Grup petit/Laboratori: 4h Activitats dirigides: 1h Aprentatge autònom: 10h</p>
<p>Descripció: Els estudiants fan els exercicis proposats, que inclouen tant exercicis de problemes a classe com els de laboratori per modelar i resoldre problemes amb aquesta lògica, segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes i intervien a la discussió proposada.</p> <p>Objectius específics: 1, 2, 3, 4, 5</p>	
<p>Aprentatge del tema Programació Lògica</p>	<p>Dedicació: 23h Grup gran/Teoria: 5h Grup mitjà/Pràctiques: 0h Grup petit/Laboratori: 6h Activitats dirigides: 1h Aprentatge autònom: 11h</p>



## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

**Descripció:**

Els estudiants fan els exercicis proposats, que inclouen tant exercicis de problemes a classe com els de laboratori per resoldre problemes. Segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes i intervien a la discussió proposada.

**Objectius específics:**

4, 5, 6

**Aprentatge del tema Programació amb restriccions**

**Dedicació: 23h**

Grup gran/Teoria: 4h  
Grup mitjà/Pràctiques: 0h  
Grup petit/Laboratori: 6h  
Activitats dirigides: 1h  
Aprentatge autònom: 12h

**Descripció:**

Els estudiants fan els exercicis proposats, que inclouen tant exercicis de problemes a classe com els de laboratori per resoldre problemes industrials reals: assignació de recursos, confecció d'horaris. Segueixen l'explicació del professor, responen les seves preguntes i intervien a la discussió proposada.

**Objectius específics:**

5, 6

**Examen final**

**Dedicació: 16h**

Activitats dirigides: 2h  
Aprentatge autònom: 14h

**Descripció:**

Examen escrit, amb dos parts, sobre les dues meitats de la matèria de teoria.

**Objectius específics:**

1, 2, 3, 4, 5, 6

## 270024 - LI - Lògica a la Informàtica

### Sistema de qualificació

Hi haurà un nota de teoria T amb un pes del 60%, obtinguda calculant la mitjana entre la primera meitat de la matèria (T1) i de la resta (T2). Aquestes notes s'obtenen amb dos exàmens escrits: el parcial (P) sobre la matèria de T1, i el final, sobre T1 i T2. La nota de l'examen parcial allibera d'examinar-se de T1 a l'examen final, i en tot cas comptarà la millor nota de T1 entre la del parcial i la del final.

La nota de laboratori (40%) s'obtindrà fent la mitjana de les notes de dos petits exàmens davant de l'ordinador. Aquests exàmens avaluaràn la capacitat de l'estudiant de realitzar els exercicis fets a les sessions de laboratori, i normalment consistiran en fer alguna extensió d'alguna pràctica lliurada previament pel mateix estudiant.

A com a mínim dues preguntes de cada exàmen escrit, i a com a mínim dos dels exercicis de labori a entregar, a banda de la nota normal de la pregunta o exercici, adicionalment es donarà una nota de la competència transversal de Raonament.

La mitjana aritmètica de totes les notes de la competència transversal donarà una nota de 0 a 10 que es traduirà a A/B/C/D segons els intervals [0,5) -> D, [5,6) -> C, [6,8) -> B, [8,10] -> A.

### Bibliografia

#### Bàsica:

Farré, R. [et al.]. Lògica para informáticos. Barcelona: Marcombo, 2011. ISBN 9788426716941.

Schöning, U. Logic for computer scientists [en línia]. Boston: Birkhäuser, 1989 [Consulta: 29/07/2019]. Disponible a: <<http://dx.doi.org/10.1007/978-0-8176-4763-6>>. ISBN 0817634533.

#### Complementària:

Rossi, F.; van Beek, P.; Walsh, T. (eds). Handbook of constraint programming [en línia]. Amsterdam: Elsevier, 2006 [Consulta: 29/07/2019]. Disponible a: <<https://www.sciencedirect.com/science/book/9780444527264>>. ISBN 0444527264.

Nieuwenhuis, R.; Oliveras, A.; Tinelli, C. "Solving SAT and SAT modulo theories: from an abstract Davis--Putnam--Logemann--Loveland procedure to DPLL(T)". Journal of the ACM (JACM) [en línia]. vol. 53, Issue 6, Nov. 2006, pp. 937-977 [Consulta: 29/07/2019]. Disponible a: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1217859>>.

#### Altres recursos:

##### Enllaç web

<https://www.cs.upc.edu/~roberto/li.html>

Web principal de l'assignatura