

1. Dades descriptives de l'assignatura

Assignatura: **Sistemes Formals**

Codi: 21424

Estudis:

Grau en Enginyeria de Sistemes Audiovisuals (optativa)

Grau en Enginyeria Telemàtica (optativa)

Grau en Enginyeria en Informàtica (obligatòria)

Crèdits: 4 ECTS

Curs: Tercer

Trimestre: Primer

Professors: Victor Dalmau

Idioma: Català

Horari: Matí

2. Presentació de l'assignatura

L'assignatura Sistemes Formals és una assignatura obligatòria, de 4 crèdits, que s'ofereix el primer trimestre del tercer curs del Grau en Enginyeria en Informàtica.

En aquesta assignatura s'introdueixen i estudien els principals models de computació. El curs s'estructura en dos blocs.

En el primer bloc s'estudia els autòmats finits i de pila, mostrant les seves relacions amb les expressions regulars i les gramàtiques lliures de context. L'objectiu és proporcionar a l'estudiant els fonaments matemàtics de la tecnologia utilitzada en el disseny de compiladors i altres processadors de llenguatge. Els conceptes vistos en aquest bloc també s'apliquen en el camp de la verificació de sistemes. El curs es centra en presentar els fonaments matemàtics de la teoria deixant les seves aplicacions per a altres assignatures del grau.

En el segon bloc s'estudia la Màquina de Turing. La Màquina de Turing és un model matemàtic que té la mateixa "potència" que un ordinador. En aquest bloc primer, s'investigarà quines tasques poden o no poden ser resoltes per una Màquina de Turing. Aquesta part del curs es coneix com Teoria de la decibilitat. Es veuran resultats sorprenents com és el fet de que es pot demostrar que hi ha tasques que no poden ser resoltes per cap programa informàtic. Segonament, es presentarà la teoria de la complexitat on s'investiga quines tasques poden ser resoltes per una Màquina de Turing (or equivalentment per un ordinador) de manera eficient. En particular és presentarà la qüestió coneguda com $P=?NP$, considerada com una de les 10 preguntes matemàtiques obertes més importants en l'actualitat (de fet, el "Clay Institute" concedeix un premi de un milió de dòlars a qui la solucioni).

En el present Pla Docent es detallaran les competències i capacitats a que condueix l'aprenentatge de l'assignatura, on paral·lelament al desenvolupament i estudi dels blocs de continguts teòrics en que està organitzada l'assignatura, juguen un paper fonamental els mòduls pràctics i activitats associades, que estan basats en exercicis i problemes, on es pretén consolidar la comprensió dels conceptes i tècniques adquirides.

En aquesta assignatura es pretén aportar formació matemàtica i una major maduresa en la capacitat de raonament de l'estudiant, potenciant la seva capacitat d'abstracció. L'assignatura té un enfocament teòric i deductiu. Malgrat el marcat caràcter teòric de l'assignatura no es dona massa èmfasi en la expressió formal (es a dir, en la utilització del llenguatge matemàtic) sinó mes bé en la comprensió dels conceptes a nivell intuïtiu.

Prerequisits per al seguiment de l'itinerari formatiu

Els coneixements previs per al seguiment de l'assignatura son certes nocions matemàtiques bàsiques que l'estudiant hauria d'haver adquirit durant l'Ensenyament Secundari Obligatori i les assignatures de matemàtiques del primer curs dels estudis:

- Nocions algebraiques bàsiques: funcions (injectives, exhaustives, bijectives), conjunts i operacions elementals sobre conjunts, relacions d'equivalència.
- Aritmètica bàsica.
- Capacitat bàsica per a comprendre i escriure expressions matemàtiques a nivell elemental.
- Familiaritat amb les tècniques bàsiques de demostració: inducció, reducció a l'absurd.
- Nocions bàsiques de teoria de grafs

Els estudiants que, degut a que provenen del itinerari humanístic del Batxillerat o a que no han superat amb èxit les assignatures de matemàtiques del primer curs del estudis, no estan del tot familiaritzats amb els prerequisits matemàtics podran superar sense problemes l'assignatura però hauran de dedicar-hi un major esforç que la resta de companys, atès que hauran de reforçar aquests coneixements bàsics. Per a tal fi la bibliografia conté varies referències en la que els estudiants que necessitin reforçar els coneixements matemàtics necessaris per a l'assignatura puguin fer-ho.

També son convenientes algunes nocions bàsiques sobre algorísmica i sobre l'arquitectura von Newman que l'estudiant hauria d'haver adquirit al

cursar les assignatures "fonaments de programació" i "Arquitectura de Computadors" respectivament. També s'utilitzen alguns conceptes, tals com el de fórmula satisfactible, introduïts a l'assignatura "Lògica computacional". Amb tot i això, els estudiants que, al no haver superat amb èxit aquestes assignatures, no estiguin familiaritzats amb aquests conceptes, també podran superar sense problemes l'assignatura, dedicant-hi una mica més d'esforç.

3. Competències a assolir a l'assignatura

Competències¹ a treballar a l'assignatura segons l'indicat en el pla d'estudis del grau.

Competències transversals	Competències específiques
<i>Instrumentals</i> G1. Capacidad de análisis y síntesis G2. Capacidad de organización y planificación G3. Capacidad para aplicar los conocimientos al análisis de situaciones y la resolución de problemas G4. Habilidad en la búsqueda y la gestión de la información G5. Habilidad en la toma de decisiones G6. Capacidad de comunicarse con propiedad de forma oral y	 H1. Capacidad de concebir y llevar a cabo proyectos informáticos utilizando los principios y metodologías propios de la ingeniería. H3. Capacidad para la redacción y desarrollo de proyectos en el ámbito de su especialidad. H4. Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas informáticos. IN25. Conocer la teoría y práctica de autómatas de estados finitos, propiedades de las expresiones y

1

Competències transversals: Aquelles que es requereixen en l'exercici de qualsevol titulació o carrera (comunicació verbal i escrita, pensament analític i sistèmic, resolució de problemes, creativitat, etc.). Es classifiquen en:

- Instrumentals: Inclouen habilitats cognitives, metodològiques, tecnològiques i lingüístiques. (Ex: capacitat d'organitzar i planificar, capacitat de comunicar-se amb propietat de forma oral i escrita en català, castellà i/o anglès, tant davant d'audiències expertes com inexpertes).
- Interpersonals: Es defineixen com habilitats que tendeixen a facilitar els processos d'interacció social i cooperació. (Ex: capacitat per a treballar en grup, expressió del compromís ètic/social).
- Sistèmiques o integradores: Suposen una combinació de comprensió, sensibilitat i coneixement que permeten veure com s'agrupen i s'estableixen relacions entre les parts d'un tot. Aquestes competències requereixen, com a base, l'adquisició prèvia de competències instrumentals i interpersonals. (Ex: capacitat d'adaptar-se a nous contextos d'aprenentatge)

Competències específiques: Es relacionen amb els coneixements i pràctiques concretes del grau. (Ex: capacitat de descriure, programar, validar i optimitzar protocols i interfaces de comunicació en els diferents nivell d'una arquitectura de xarxes)

escrita en catalán y en castellano, tanto ante audiencias expertas como inexpertas <i>Interpersonals</i> G8. Capacidad de trabajo en equipo <i>Sistèmiques</i> G11. Capacidad de aplicar con flexibilidad y creatividad los conocimientos adquiridos y de adaptarlos a contextos y situaciones nuevas G12. Capacidad para progresar en los procesos de formación y aprendizaje de manera autónoma y continua G14. Capacidad de motivación por la calidad y por el logro G15. Capacidad de generación de nuevas ideas	lenguajes regulares, así como técnicas para determinar si un lenguaje es regular o no. IN26. Conocer los lenguajes libres de contexto y su relación con los autómatas con pila, gramáticas libres de contexto, árboles sintácticos, derivaciones y ambigüedad. IN27. Conocer la máquina de Turing y la relación con la noción de algoritmo o programa.
---	--

4. Continguts

L'assignatura es divideix en quatre unitats didàctiques.

1.- Llenguatges regulars.

Autòmats finits deterministes (AFD) i no deterministes amb epsilon-transicions (eAFND). Expressions regulars. Equivalència entre AFDs, eAFNDs i expressions regulars (Teorema de Kleene). Llenguatges regulars i les seves propietats bàsiques.

2.- Llenguatges lliures de context.

Autòmats a pila (AP). Gramàtiques lliures de context (GLC). Equivalència entre APs i GLCs. Llenguatges lliures de context i les seves propietats bàsiques.

3.- Teoria de la decidibilitat.

Màquines de Turing. Equivalència entre MTs i programes. Llenguatges recursivament enumerables i recursius. Llenguatge Diagonal, universal, de la parada i les seves propietats bàsiques.

4.- Teoria de la complexitat

Complexitat temporal de una MT. Les classes P i NP. Reducció en temps polinòmica. NP-completesa i teorema de Cook.

5. Avaluació del nivell d'assoliment de les competències

Els mecanismes d'avaluació són els següents:

1.- Exercicis lliurats durant el curs. Durant el curs, els estudiants hauran de lliurar una col·lecció d'exercicis (resolts prèviament) que apareixeran amb anterioritat a l'espai dedicat a l'assignatura en l'aula Moodle. En l'aula Moodle s'especificarà també el mètode de lliurament. L'estudiant resoldrà els exercicis durant el període d'estudi dedicat a l'assignatura sol o en col·laboració amb altre estudiants (s'admetran grups de tres estudiants com a màxim). Aquesta activitat no és recuperable al juliol. Plagi entre diferents grups comportarà suspendre automàticament l'assignatura. Un subconjunt dels exercicis entregats serà avaluat després de cada lliurament. Es calcularà la mitja de la nota dels lliuraments que serà una nota, L (entre 0 i 10).

2.- Examen parcial. Consistirà en un examen obligatori amb preguntes de teoria i problemes que es farà al mig del trimestre. El resultat serà una nota, EP (entre 0 i 10). Aquest examen no és recuperable al juliol.

3.- Examen final (en primera convocatòria). Consistirà en un examen obligatori amb preguntes de teoria i problemes que es realitzarà durant el període d'exàmens del primer trimestre. El resultat de l'examen final en primera convocatòria serà una nota, EF1 (entre 0 i 10).

4.- Examen final (en segona convocatòria). Consistirà en un examen obligatori amb preguntes de teoria i problemes que realitzaran, durant el període d'exàmens de juliol, aquells estudiants que es presenten a la convocatòria de juliol. El resultat de l'examen final en segona

convocatòria serà una nota, EF2 (entre 0 i 10).

La nota és calcularà de la següent manera:

- Primera convocatòria. Per a aprovar la convocatòria de desembre és necessari que la nota del examen de desembre, EF1, sigui com a mínim 5. En aquest cas la nota de la convocatòria serà $0.15*L+0.15*EP+0.7*EF1$. És a dir, en aquest cas la nota de les entregues i la nota de l'examen parcial contribueixen en un 15% a la nota mentre que la nota del examen final contribueix en un 70% a la nota. Si la nota del examen final no supera el 5 aleshores la nota de la convocatòria serà la del examen final.

- Convocatòria de juliol. Per aprovar la convocatòria de juliol és necessari que la nota del examen de juliol, EF2, sigui com a mínim 5. En aquest cas la nota final serà $0.15*L+0.15*EP+0.7*EF2$.

Concreció de l'avaluació per competències.

Totes les competències (tant generals com específiques) s'avaluen mitjançant els mecanismes 1,2,3 i 4 de la secció anterior.

L'indicador d'assoliment consisteix en respondre correctament a les qüestions plantejades.

6. Bibliografia i recursos didàctics

Recursos didàctics. Material docent de l'assignatura

- Apunts de Sistemes Formals. Suport electrònic. Accessible a l'espai Moodle dedicat a l'assignatura després de cada sessió de teoria.
- Problemes de Sistemes Formals. Suport electrònic. Accessible a l'espai Moodle dedicat a l'assignatura abans de cada sessió de seminari.

Bibliografia bàsica

- J. Hopcroft, R. Motwani i J. Ullman. Introducció a la teoria de automatas, lenguajes y computación. Addison-Wesley, 2007.

- M. Sipser. Introduction to the Theory of Computation. PWS Publishing Company, 1997.

Bibliografia complementària

- D. Kelley. Teoría de autómatas y lenguajes formales. Prentice-Hall, 1995.

- D. Kozen. Automata and Computability. Springer-Verlag, 1997.

- H. Lewis i C. Papadimitriou. Elements of the Theory of Computation. Prentice-Hall, 1997.

7. Metodologia

L'aprenentatge d'una unitat didàctica conté les següents activitats.

-Sessió de teoria. Es realitza amb un grup gran d'estudiants. El professor introdueix els conceptes teòrics de la unitat didàctica. Es realitzaran 11 sessions de teoria. El contingut tractat a cada sessió de teoria serà el següent:

T1.Presentació de l'assignatura. Definicions de conceptes bàsics. Definició de autòmats finits determinista (AFD) i exemples. Definició d'autòmat finit no determinista amb epsilon-transicions (eAFND) i exemples. Equivalència entre AFDs i eAFNDs.

T2.Definició d'expressió regular. Teorema de Kleene. Definició de llenguatge regular.

T3.Existència de llenguatges no regulars. Definició d'autòmat a pila (AP) i exemples. Demostració que tot llenguatge regular es acceptat per un AP.

T4.Definició de gramàtica lliure de context (GLC) i exemples. Equivalència entre GLCs i APs. Definició de llenguatge lliure de context i exemples.

T5.Definició de Màquina de Turing (MT) i exemples. Relació entre llenguatges i tasques computacionals. Equivalència entre MT i programes.

T6.Definició de llenguatge recursivament enumerable i recursiu.

Propietats bàsiques (tancaments sota unió, intersecció,...)

T7.Definició del llenguatge diagonal (Ld), llenguatge universal (Lu) i llenguatge de la parada (Lp). Propietats bàsiques d'aquests llenguatges.

T8.Complexitat de una MT. Definició de la classe P i exemples.

T9.Definició de la classe NP i exemples.

T10.Definició de reducció en temps polinòmic i exemples.

T11.Definició de NP-complet i exemples. Teorema de Cook.

-Treball personal de l'estudiant després de la sessió de teoria.
L'estudiant revisa els apunts de classe de teoria, tot resolvent dubtes i memoritzant els conceptes més importants.

-Treball personal de l'estudiant abans de cada sessió de seminari.
Abans de cada sessió de seminari el professor farà public un llistat d'exercicis que posen en pràctica els conceptes vistos a la classe de teoria. Abans de la sessió de seminari, l'estudiant ha de resoldre els exercicis de la llista (o al menys intentar-ho) individualment o amb un altre company. Un subconjunt dels exercicis vindrà marcat com "per lliurar". La solució d'aquests exercicis haurà de ser lliurada.

-Sessió de seminari. Aquesta activitat es durà a terme en grups petits (d'uns 15) d'estudiants. Durant cada sessió de seminari és resoldran exercicis que hauran set fet públics amb anterioritat a l'aula global. Es realitzaran 6 sessions de seminari. El contingut tractat a cada sessió de seminari serà el següent:

S1. Es resoldran exercicis sobre conversió de eAFNDs en AFDs, de AFDs en expressions regulars i d'expressions regulars en eAFNDs. Es resoldran problemes sobre llenguatges regulars.

S2. Es resoldran exercicis sobre conversió de GLCs en APs i de APs en GLCs. Es resoldran problemes sobre llenguatges lliures de context.

S3. Es resoldran exercicis en els que es treballaran les nocions de llenguatge recursivament enumerable i llenguatge recursiu.

S4. Es resoldran exercicis sobre complexitat d'algorismes i sobre la classe de complexitat P.

S5. Es treballarà el concepte de reducció en temps polinòmic mitjançant exercicis i problemes.

S6. Es resoldran exercicis sobre la classe NP-complet.

Distribució de la dedicació dels estudiants.

Unitat didàctica	Activitat	Hores a l'aula	Hores fora de l'aula
1.-Llenguatges regulars	T1	2	2
	T2	2	2
	S1	2	5
2.- Llenguatges lliures de context	T3	2	2
	T4	2	2
	S2	2	5
3.-Teoria de la decidibilitat	T5	2	2
	T6	2	2
	T7	2	2
	S3	2	5
	S4	2	5
4.-Teoria de la complexitat	T8	2	2
	T9	2	2
	T10	2	2
	T11	2	2
	S5	2	5
	S6	2	5
Examen parcial		2	5
Examen final		2	5
Total		36	64

8. Programació d'activitats

Els horaris de classe, i el detall sobre si cada sessió serà de teoria de pràctiques o seminaris es troba publicat a l'apartat "Calendari i Horaris" de la web de l'ESUP <http://www.upf.edu/esup>