

LAS ASIGNATURAS DE REGULACIÓN AUTOMÁTICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DE LA UNIVERSITAT DE GIRONA

Josep Xargayó Bassets
Universitat de Girona – Lluís Santaló s/n - 17071 Girona e-mail:xargayo@eia.udg.es

Joaquim Meléndez Frigola
Universitat de Girona – Lluís Santaló s/n - 17071 Girona e-mail:quimmel@eia.udg.es

Resumen

En el presente documento se muestran los contenidos y organización de las asignaturas de 'Regulación Automática' y 'Automatización Industrial' en los estudios técnicos de la Universitat de Girona: Ingeniería Industrial e Ingeniería Técnica Industrial (Electrónica Industrial).

Palabras Clave: Regulación Automática, Automatización Industrial, Ingeniería Industrial, Ingeniería Técnica Industrial.

1 LA UNIVERSITAT DE GIRONA. LOS ESTUDIOS TÉCNICOS

La Universitat de Girona (UdG) nace, como tal, en diciembre de 1991, a partir de la dinámica iniciada en el año 1968 con la instauración en Girona de estudios técnicos (dependientes de la entonces Universidad Politécnica de Barcelona) y de estudios de ciencias, de humanidades y de ciencias sociales (dependientes de la Universidad Autónoma de Barcelona).

La UdG cuenta con ocho centros docentes, entre ellos la Escuela Politécnica Superior (EPS), en donde se centran los estudios técnicos, los cuales se relacionan a continuación:

Primer ciclo:

Ingeniería Técnica en Informática de Gestión
Ingeniería Téc. en Informática de Sistemas
Ingeniería Téc. Industrial en Electrónica Industrial
Ingeniería Téc. Industrial en Química Industrial
Ingeniería Téc. Industrial en Mecánica
Ing. Téc. Agrícola en Explotaciones Agropecuarias
Ing. Téc. Agríc. Industrias Agrarias y Alimentarias
Arquitectura Técnica

Primer y segundo ciclo:

Ingeniería Industrial

Segundo ciclo:

Informática Industrial
Ciencia y Tecnología de los Alimentos
Graduado Superior en Tecnología Ambiental

Centrándonos en las asignaturas de Regulación Automática y Automatización Industrial, éstas se cursan en dos de los anteriores estudios:

- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Téc. Industrial en Electrónica Industrial

de cuyo temario y organización nos ocuparemos en los siguientes apartados.

2 LA INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA UdG.

2.1 EL PLAN DE ESTUDIOS

El plan de estudios que se cursa actualmente en la UdG es el del año 2002, con un total de 375 créditos, una duración mínima de 5 años y una organización mixta semestral/anual.

A partir de segundo ciclo (cuarto y quinto año) el estudiante puede elegir (a partir de una selección adecuada de las asignaturas optativas que se le ofrecen) entre cinco intensificaciones:

- Automática
- Organización Industrial
- Estructuras e Instalaciones
- Tecnología de plásticos
- Mecánica de máquinas

La organización de los respectivos cursos se muestra en la tabla I, de acuerdo con la siguiente leyenda:

(1)= Curso
(3)= Tipo de asignatura

(2)= Semestre
(4)= Créditos

T= Troncal
Op= Optativa

Ob= Obligatoria
L=Libre elección

Asignatura	(1)	(2)	(3)	(4)
Fundamentos de Física	1	A	T	15
Álgebra y Geometría	1	A	T	9
Cálculo	1	A	T	12
Expresión Gráfica	1	A	T	9
Introducción a la ingeniería	1	1	Ob	4,5
Introducción a los Ordenadores	1	1	Ob	4,5
Fundamentos de Química	1	2	T	3,5
Fundamentos de Informática	1	2	T	6
Libre Elección	1	2	L	6
Elasticidad y Resistencia de Mat.	2	A	T	12
Circuitos y Sistemas Electrónicos	2	A	T	12
Ingeniería de Fluidos	2	A	T	12
Ciencia de Materiales	2	1	T	6
Mecánica Básica	2	1	Ob	6
Ecuaciones diferenciales	2	1	Ob	4,5
Libre elección	2	1	L	6
Economía	2	2	T	4,5
Termodinámica	2	2	T	6
Métodos estadísticos en la ing.	2	2	T	6
Regulación Automática	3	A	T	10,5
Teoría de máquinas	3	A	T	10,5
Administración de empresas	3	1	T	4,5
Electrotecnia	3	1	Ob	6
Optativa 1	3	1	Op	6
Libre elección	3	1	L	9
Tecnología de procesos	3	2	Ob	4,5
Instalaciones Industriales	3	2	Ob	6
Optativa 2	3	2	Op	6
Optativa 3	3	2	Op	6
Libre elección	3	2	L	6
Tecnologías de fabricación	4	A	T	12
Sistemas electrónicos y automáticos	4	A	T	12
Métodos matemáticos	4	A	T	13,5
Tecnología de materiales	4	1	T	6
Teoría de estructuras	4	1	T	4,5
Optativa 4	4	1	Op	6
Libre elección	4	1	L	3
Organización de la producción	4	2	T	6
Construcciones Industriales	4	2	T	6
Optativa 5	4	2	Op	6
Ingeniería térmica y de fluidos	5	A	T	10,5
Trabajo fin de carrera	5	A	Ob	12
Proyectos	5	1	T	6
Tecnología energética	5	1	T	6
Tecnología eléctrica	5	1	T	6
Optativa 6	5	1	Op	6
Libre elección	5	1	L	4,5
Ciencia y tecnología del Medio Ambiente	5	2	T	7,5
Ingeniería del transporte	5	2	T	4,5
Técnicas de gestión y organización de empresas	5	2	T	6
Optativa 7	5	2	T	6

Tabla 1: Plan de estudios de Ing. Industrial

Dentro de este plan de estudios, y tal como se ha comentado anteriormente, el estudiante puede optar entre diversas intensificaciones. Centrándonos en la intensificación de automática, las asignaturas optativas correspondientes son las siguientes:

- Control Digital
- Control Avanzado
- Técnicas de IA en Control y Supervisión
- Sistemas Digitales
- Robótica Industrial

2.2 LA TRONCALIDAD RELACIONADA CON INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA

Los estudios de Ingeniería Industrial son, por propia definición, unos estudios de carácter generalista con una aportación docente diversificada en distintas áreas.

Referente al área de Ingeniería de Sistemas y Automática (ISA), la troncalidad relacionada viene dada por las siguientes asignaturas:

- Circuitos y sistemas electrónicos (2º curso)
- Regulación automática (3º curso)
- Sistemas electrónicos y automáticos (4º curso)

A partir de los contenidos de estas asignaturas se pretende dar al alumno los conocimientos básicos referentes a la Ingeniería de Sistemas y Automática, además de proporcionarle unos criterios adecuados para poder elegir, si es el caso, la intensificación en Automática, tal como se ha comentado anteriormente.

A continuación se detallan, en forma resumida, el contenido de estas tres asignaturas:

- Circuitos y sistemas electrónicos
 1. Introducción al análisis de circuitos eléctricos
 2. Análisis en régimen permanente
 3. Componentes electrónicos discretos
 4. Circuitos de acondicionamiento y accionamiento
- Regulación automática
 1. Introducción a los sistemas de control
 2. Modelado matemático de sistemas físicos
 3. Características de los sistemas de control
 4. Análisis de la respuesta transitoria.
 5. Estabilidad de sistemas de control lineales
 6. Acciones básicas de control

7. El método del lugar de las raíces
 8. Análisis frecuencial de sistemas
 9. Diseño frecuencial de sistemas de control
 10. Sintonía de controladores PID
 11. Análisis de sistemas de control en el espacio de estados
 12. Diseño de sistemas de control en el espacio de estados
- Sistemas electrónicos y automáticos
1. Introducción a la automatización
 2. Control de sistemas discretos. Autómatas programables
 3. Control digital
 4. Identificación de sistemas
 5. Realimentación de estado
 6. Estructuras de control

En un principio puede parecer un poco contradictorio relacionar Circuitos y Sistemas Eléctricos con la docencia directamente con el área de ISA, pero dado el número limitado de créditos, se aprovecha el contenido de la asignatura para introducir el concepto de sistema y el estudio de su comportamiento.

Por otra parte, en la asignatura de Sistemas Electrónicos y Automáticos es donde se concentran los contenidos relacionados con Automatización Industrial, nomenclatura que no aparece en el actual plan de estudios, al contrario que en el plan de estudios de 1994, en donde si aparecía.

2.3 LA ASIGNATURA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICA

La asignatura de Regulación Automática concentra los contenidos relacionados con el descriptor *Comportamiento dinámico de sistemas*, aparecido en el BOE.

Así, la distribución de cada uno de los temas es la que se detalla a continuación:

Tema 1: Introducción a los sistemas de control.

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Historia del control automático.
- 1.3 Sistemas de control. Elementos y nomenclatura.
- 1.4 Ejemplos de sistemas de control.
- 1.5 Concepto y efectos de la realimentación.
- 1.6 Diseño de sistemas de control: metodología.

Tema 2: Modelado matemático de sistemas físicos

- 2.1 Introducción.
- 2.2 Función de transferencia y respuesta impulsional.
- 2.3 Diagramas de bloques.
- 2.4 Modelado en el espacio de estado.

- 2.5 Linealización de modelos matemáticos no lineales.
- 2.6 Elementos no lineales.

Tema 3: Características de los sistemas de control

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Control en lazo abierto – lazo cerrado.
- 3.3 Sensibilidad de los sistemas de control.
- 3.4 Respuesta transitoria. Introducción.
- 3.5 Perturbaciones.
- 3.6 Análisis del error estacionario. Teorema del valor final.
- 3.7 Ejemplos.

Tema 4: Análisis de la respuesta transitoria

- 4.1 Introducción.
- 4.2 Sistemas de segundo orden.
- 4.3 Efecto de un tercer polo y un cero.
- 4.4 Relación entre la respuesta transitoria y la localización de polos y ceros.
- 4.5 Simplificación de sistemas lineales.
- 4.6 Ejemplos.

Tema 5: Estabilidad de sistemas de control lineales

- 5.1 Introducción
- 5.2 El concepto de estabilidad
- 5.3 Criterio de Routh-Hurwitz.
- 5.4 Estabilidad relativa.
- 5.5 Estabilidad en el espacio de estados.

Tema 6: Acciones básicas de control.

- 6.1 Introducción.
- 6.2 Acciones básicas de control.
- 6.3 Efectos de la acción integral y derivativa.
- 6.4 Diseño algebraico de controladores PID.
- 6.5 Ejemplos.

Tema 7: El método del lugar de las raíces.

- 7.1 Introducción.
- 7.2 Propiedades básicas del lugar de las raíces.
- 7.3 Análisis de sistemas de control mediante el lugar de las raíces.
- 7.4 Diseño de sistemas de control mediante el lugar de las raíces.
- 7.5 Ejemplos.

Tema 8: Análisis frecuencial de sistemas

- 8.1 Introducción.
- 8.2 Características de la respuesta frecuencial de sistemas.
- 8.3 Estabilidad relativa. Márgenes de estabilidad.
- 8.4 Criterio de estabilidad de Nyquist.
- 8.5 Sistemas con retardo puro.

Tema 9: Diseño frecuencial de sistemas de control

- 9.1 Introducción.
- 9.2 Compensación en avance de fase.
- 9.3 Compensación en atraso de fase.
- 9.4 Control PD, PI y PID.

- 9.5 Robustez y sensibilidad.
- 9.6 Ejemplos.

Tema 10: Controladores P.I.D. Sintonía.

- 10.1 Introducción.
- 10.2 Control PID. Sintonía Ziegler-Nichols.
- 10.3 Métodos basados en índices de rendimiento.
- 10.4 Sistemas con retardos puros.
- 10.5 Esquemas de control PID.
- 10.6 Ejemplos.

Tema 11: Análisis de sistemas de control en el espacio de estado

- 11.1 Introducción.
- 11.2 Formas canónicas.
- 11.3 Transformaciones.
- 11.4 Solución de la ecuación de estado para sistemas lineales invariantes en el tiempo.
- 11.5 Controlabilidad y Observabilidad.
- 11.6 Ejemplos.

Tema 12: Diseño de sistemas de control en el espacio de estado

- 12.1 Introducción.
- 12.2 Ubicación de polos
- 12.3 Diseño de reguladores por el método de ubicación de polos.
- 12.4 Observadores de estado
- 12.5 Ejemplos.

El temario expresado anteriormente, se refuerza con sesiones prácticas (laboratorio y aula informática), las cuales se detallan a continuación:

- S1: Introducción al MATLAB/SIMULINK.
- S2: Estudio de un sistema realimentado. Control P.
- S3: Diseño de un sistema de control con MATLAB.
- S4: Estudio de la respuesta temporal y frecuencial de sistemas reales.
- S5: Simulación y control de un proceso de temperatura.
- S6: Control del proceso de temperatura.
- S7: Identificación, simulación y control de un sistema electrónico.
- S8: Diseño e implementación de un controlador PID.
- S9: Sintonía empírica de un regulador PID stand-alone.
- S10: Diseño en el espacio de estados. Asignación de polos.

2.4 LA ASIGNATURA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Tal como se ha comentado anteriormente, en el actual plan de estudios no aparece esta asignatura, al contrario que en el plan de 1994, englobándose en la asignatura de Sistemas Electrónicos y Automáticos los contenidos relacionados con el descriptor

‘Componentes y Sistemas Electrónicos’ y ‘Principios y Técnicas de Control de Sistemas y Procesos’.

El contenido de la asignatura se ha presentado en el apartado 2.2, detallándose a continuación:

Tema 1: Introducción a la automatización

Tema 2: Control de sistemas discretos. Autómatas programables.

- 2.1 Introducción. Modelización y control de sistemas discretos
- 2.2 GRAFCET
- 2.3 Arquitectura de PLC's
- 2.4 Ciclo de funcionamiento del PLC's

Tema 3: Control digital

- 3.1 Introducción a los sistemas muestreados
- 3.2 Transformada z
- 3.3 Función de transferencia discreta
- 3.4 Estabilidad de sistemas en tiempo discreto
- 3.5 Respuesta temporal de sistemas en tiempo discreto
- 3.6 Discretización de reguladores continuos

Tema 4: Identificación de sistemas

- 4.1 Introducción
- 4.2 Tipos de modelos
- 4.3 Identificación paramétrica
- 4.4 Introducción a la identificación no paramétrica

Tema 5: Realimentación de estado

- 5.1 Revisión de la representación de estado de sistemas en tiempo continuo
- 5.2 Representación de estado de sistemas en tiempo discreto
- 5.3 Realimentación de estado

Tema 6: Estructuras de control

- 6.1 Control en Cascada
- 6.2 Control Feed-Forward
- 6.3 Control Ratio
- 6.4 Control de Rang partit
- 6.5 Control Override
- 6.6 Control Multi-variable

Al igual que en el caso de Regulación Automática, los temas detallados se complementan con las siguientes sesiones prácticas:

- S1: Introducción a la programación de PLC's. Syswin
- S2: Programación de PLC's utilizando GRAFCET
- S3: Control de procesos eventos discretos (I)
- S4: Control de procesos eventos discretos (II)
- S5: Introducción a LabView
- S6: Eventos temporizados y adquisición de datos con LabView

S7: Diseño e implementación de un PID discreto
 S8: Diseño en tiempo discreto. Matlab-Simulink
 S9: Identificación de procesos
 S10: Análisis de sistemas en variable de estado mediante Matlab
 S11: Realimentación de estado y diseño de observadores

3 LA INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL (ELECTRÓNICA INDUSTRIAL) EN LA UdG

3.1 EL PLAN DE ESTUDIOS

Al igual que el plan de estudios de Ingeniería Industrial, el de Ingeniería Técnica Industrial – Electrónica Industrial, es del año 2002, con un total de 225 créditos, una duración mínima de 3 años y una organización mixta semestral/anual.

La organización por cursos se muestra en la tabla II, de acuerdo con la misma leyenda que en el caso anterior, es decir:

Asignatura	(1)	(2)	(3)	(4)
Fundamentos de Matemáticas	1	A	T	13,5
Fundamentos de Física	1	A	T	10,5
Tecnología Electrónica	1	A	T	12
Expresión gráfica y CAD	1	1	T	7,5
Teoría de circuitos	1	1	T	6
Fundamentos de Informática	1	1	T	7,5
Electrotecnia	1	2	Ob	6
Electrónica Analógica	1	2	T	6
Libre elección	1	2	L	6
Informática Industrial	2	A	T	12
Instrumentación Electrónica	2	A	T	12
Regulación Automática	2	A	T	9
Electrónica de Potencia	2	1	T	6
Electrónica Digital	2	1	T	6
Métodos Estadísticos en la Ing.	2	1	T	6
Libre elección	2	1	L	6
Máquinas Eléctricas	2	2	Ob	6
Sistemas Mecánicos	2	2	T	6
Optativa 1	2	2	Op	6
Automatización Industrial	3	A	T	9
Proyecto Final de Carrera	3	A	T	12
Libre elección	3	A	L	10,5
Oficina Técnica	3	1	T	6
Instalaciones Industriales	3	1	Ob	6
Optativa 2	3	1	Op	6
Optativa 3	3	1	Op	6
Administración de empresas	3	2	T	7,5
Optativa 4	3	2	Op	6
Optativa 5	3	2	Op	6

Tabla II: Plan de estudios de Ingeniería Técnica Industrial – Electrónica Industrial

A diferencia que en el caso de la Ingeniería Industrial, en éste las asignaturas están mucho más dirigidas hacia la electrónica y la automática industrial. Por este motivo, la docencia está mucho más concentrada en unas áreas determinadas y por tanto, el área de Ingeniería de Sistemas y Automática posee una carga superior.

Por otra parte, el estudiante puede optar entre diversas optativas, dentro de las cuales se pueden encontrar las 3 siguientes,

Aplicación Industrial de los microprocesadores
 Control por ordenador
 Modelización y simulación de sistemas dinámicos

englobadas dentro de la opción ‘Automática’.

3.2 LA ASIGNATURA DE REGULACIÓN AUTOMÁTICA

La distribución de los temas de la asignatura de Regulación Automática es la que se detalla a continuación:

Tema 1: Introducción a los sistemas de control

- 1.1 Antecedentes históricos
- 1.2 Esquema básico de un sistema de control
- 1.3 Ejemplos

Tema 2: Modelado de sistemas

- 2.1 Introducción
- 2.2 Esquemas con diagramas de bloques
- 2.3 Aplicación del modelado a sistemas físicos
- 2.4 Representación de procesos 'flowsheets'

Tema 3 Características de los sistemas realimentados

- 3.1 Introducción
- 3.2 Señales de prueba
- 3.3 Error en régimen permanente
- 3.4 Clasificación de los sistemas respecto al error estacionario
- 3.5 Perturbaciones
- 3.6 Sensibilidad
- 3.7 Estabilidad de sistemas realimentados lineales

Tema 4: Análisis de sistemas en el dominio temporal

- 4.1 Introducción
- 4.2 Sistemas de primer orden
- 4.3 Sistemas de segundo orden
- 4.4 Sistemas de orden superior y efectos de los ceros
- 4.5 Simplificación de sistemas lineales. Polos dominantes
- 4.6 Índice de rendimiento

Tema 5: Acciones básicas de control

- 5.1 Introducción
- 5.2 Control On/Off

- 5.3 Acción Proporcional, Integral y Derivativa (P, I, PI, PD, PID)
- 5.4 Modificaciones de los esquemas de control
- 5.5 Sintonía de PID en el dominio temporal

Tema 6: El lugar de las raíces

- 6.1 Introducción
- 6.2 Concepto y propiedades
- 6.3 Ejemplos de representación del lugar de las raíces
- 6.4 Casos especiales
- 6.5 Aplicación del lugar de las raíces en el diseño de controladores

Tema 7: Análisis en el dominio de la frecuencia

- 7.1 Introducción
- 7.2 Diagramas de Bode. Especificaciones frecuenciales
- 7.3 Estabilidad relativa. Márgenes de ganancia y fase
- 7.4 Sistemas con retardo

Tema 8: Técnicas de diseño y compensación

- 8.1 Introducción
- 8.2 Compensación en adelanto
- 8.3 Compensación en retardo
- 8.4 Compensación en adelanto-retardo
- 8.5 Ejemplos

Las sesiones prácticas que complementan los temas docentes, que se desarrollan en el laboratorio y en el aula informática, son los siguientes:

- P1: Presentación del laboratorio, tarjetas de adquisición y procesos
- P2: Introducción al Matlab/Simulink
- P3: Ejemplos de sistemas de control (modelado)
- P4: Identificación de procesos
- P5: Análisis mediante la respuesta temporal
- P6: Diseño de controladores
- P7: Análisis de sistemas de control con M/S
- P8: Análisis mediante el lugar de las raíces
- P9: Diseño de sistemas de control
- P10: Análisis mediante métodos frecuenciales
- P11: Controlador industrial. Aplicación en un proceso de temperatura

3.3 LA ASIGNATURA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La asignatura de automatización en los estudios de I.T. en Electrónica Industrial está localizada en el tercer curso, con el contenido que se detalla a continuación:

Tema 1: Introducción a la automatización Industrial

Tema 2: Estructura de los sistemas automatizados

Tema 3: Procesos y dispositivos. Tipos y características.

Tema 4: La tecnología en la automatización industrial

Tema 5: Elementos de interficie

Tema 6: Controladores lógicos programables. Estructuras. Tipologías.

Tema 7: Lenguajes de programación

Tema 8: Equipos para la programación de los autómatas programables.

Tema 9: Sistemas SCADA

Finalmente, las prácticas relacionadas con los temas anteriores son los que se detallan a continuación, desarrolladas en el laboratorio de automatización:

- P1: Estudio introductorio de los PLC's
- P2: Características e instrucciones de los PLC's en función de sus prestaciones (3 sesiones)
- P3: Syswin. Introducción y aplicaciones
- P4: Aplicaciones sobre procesos del laboratorio (4 sesiones)
- P5: Monitorización de procesos