



Grado en Ingeniería Mecatrónica 28823 - Regulación y control automático

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 3, Semestre: 1, Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- Javier Esteban Escaño -

Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para el adecuado desarrollo de la asignatura de Regulación y control automático, es necesario que el alumnado haya superado con anterioridad, la asignatura de *Fundamentos de Automática*, las 3 asignaturas de *Matemáticas*, la asignatura de *Ingeniería Mecánica*, la de *Ingeniería Eléctrica e Informática* y se recomienda haber realizado las asignaturas de *Fundamentos de Física I*, *Fundamentos de Física II* y *Tecnología electrónica I*.

Actividades y fechas clave de la asignatura

Las actividades de la asignatura y su organización temporal, dependen de la organización docente propuesta por la Escuela Politécnica de la Almunia y se pueden consultar en el apartado Actividades y recursos.

Las fechas de exámenes de convocatoria se publicarán en la página web del centro www.eupla.unizar.es

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:** Comprender conceptos relacionados con la automatización y el control industrial.
- 2:** Dominar herramientas de modelado, análisis y diseño de sistemas de control y automatización.
- 3:** Adquirir fundamentos de comunicaciones industriales.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

Regulación y control automático es una asignatura de seis créditos ECTS de carácter obligatorio que se imparte en el primer cuatrimestre del tercer curso de la carrera y forma parte de la materia de Control.

En esta asignatura se desarrolla el análisis y diseño de controladores digitales a partir de las distintas variables que intervienen en un proceso. Para realizar este diseño, se partirá de conceptos introducidos en la asignatura de fundamentos de automática o se usarán técnicas propias de los sistemas digitales.

En cada tema se muestran los conceptos teóricos que se complementan con la realización de ejercicios y prácticas de simulación. De esta forma, los alumnos trabajan tanto en clase como de forma autónoma, con el fin principal de dotarles de un papel activo en su proceso de aprendizaje, teniendo como punto central y fundamental de referencia a la hora de evaluarlos, la importancia de la reflexión, análisis e interpretación de los resultados obtenidos haciéndonos partícipes del espíritu de Bolonia.

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

Regulación y control automático es la segunda asignatura del plan de estudios en la que se abordan los fundamentos de las técnicas de control. Por tanto permite mejorar los fundamentos científicos y tecnológicos de la automática, modelado, simulación y control de sistemas.

Esta asignatura está dentro de la materia "Control" y requiere de otras competencias adquiridas en materias de primer curso y de segundo curso, concretamente se apoya en la teoría clásica de sistemas automáticos analógicos, fundamentos de variable compleja, transformada de Laplace, transformada Z, sistemas de ecuaciones diferenciales, algebra, matrices, física y mecánica.

Esta asignatura completa el cuerpo básico de la teoría de la regulación y control, el alumno encontrara otras asignaturas sobre esta materia que ampliarán los conocimientos adquiridos, abordando temas como la robótica y otras técnicas de control avanzadas.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura de Regulación y control automático, forma parte del Grado en Ingeniería de Mecatrónica que imparte la EUPLA, enmarcándose dentro del grupo de asignaturas que conforman el módulo denominado "Control". Se trata de una asignatura de tercer curso ubicada en el quinto cuatrimestre y de carácter obligatorio, con una carga lectiva de 6 créditos ECTS.

Dicha asignatura tiene una especial relevancia en la adquisición de las competencias de la titulación, además de aportar una formación adicional útil en el desempeño de las funciones del Ingeniero de Mecatrónica relacionadas con el campo del control industrial.

Se entiende que lo ideal sería que para cursarla se tuvieran sólidos conocimientos de matemáticas, física, mecánica, teoría de circuitos y control de sistemas automáticos continuos. Por otro lado, sobre esta disciplina se apoyan varias asignaturas, como "Automatización e informática industrial", "Robótica", "Automatización avanzada e ingeniería de control". Asignaturas esenciales en el Grado de Ingeniería Mecatrónica.

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1: Conocimientos en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

- 2:** Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial y en particular en el ámbito de la electrónica industrial.
- 3:** Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- 4:** Interpretar datos experimentales, contrastarlos con los teóricos y extraer conclusiones.
- 5:** Capacidad para la abstracción y el razonamiento lógico.
- 6:** Capacidad para aprender de forma continuada, autodirigida y autónoma.
- 7:** Capacidad para evaluar alternativas.
- 8:** Capacidad para adaptarse a la rápida evolución de las tecnologías.
- 9:** Capacidad para liderar un equipo así como de ser un miembro comprometido del mismo.
- 10:** Capacidad para localizar información técnica, así como su comprensión y valoración.
- 11:** Actitud positiva frente a las innovaciones tecnológicas.
- 12:** Capacidad para redactar documentación técnica y para presentarla con ayuda de herramientas informáticas adecuadas.
- 13:** Capacidad para comunicar sus razonamientos y diseños de modo claro a públicos especializados y no especializados.
- 14:** Capacidad para comprender el funcionamiento y desarrollar el mantenimiento de equipos e instalaciones mecánicas, eléctricas y electrónicas.
- 15:** Capacidad para analizar y aplicar modelos simplificados a los equipos y aplicaciones tecnológicas que permitan hacer previsiones sobre su comportamiento.
- 16:** Capacidad para configurar, simular, construir y comprobar prototipos de sistemas electrónicos y mecánicos.
- 17:** Capacidad para la interpretación correcta de planos y documentación técnica.
- 18:** Conocimientos sobre los fundamentos de automatismos y métodos de control.
- 19:** Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas electrónicos.
- 20:** Conocimiento aplicado de informática industrial y comunicaciones.
- 21:** Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización industrial.
- 22:** Conocimiento de sistemas de regulación automática y técnicas de control y su aplicación a la automatización industrial.

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

Esta asignatura tiene un marcado carácter ingenieril, es decir, ofrece una formación con contenidos de aplicación y desarrollo inmediato en el mercado laboral y profesional. A través de la consecución de los pertinentes resultados de aprendizaje se obtiene la capacidad necesaria para el entendimiento del funcionamiento de los sistemas de control, los cuales serán absolutamente imprescindibles para el diseño y puesta en marcha de cualquier aplicación, planta, proceso, etc. incluidas dentro del ámbito de la Ingeniería de la Mecatrónica.

Además, la asignatura sienta las bases necesarias para el desarrollo de futuras asignaturas incluidas en los cursos superiores.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

1: Trabajos prácticos (30%). Estos trabajos incluyen prácticas de laboratorio y resolución de problemas. En alguna de las prácticas de laboratorio se solicitará al alumnado que realice un estudio previo, que se deberá entregar antes de comenzar las tareas de laboratorio. La calidad del análisis que el alumnado realice de los resultados obtenidos en el laboratorio, se valorará mediante una memoria final de cada una de las prácticas.

Para superar la asignatura el alumnado deberá obtener una nota final de prácticas de laboratorio igual o superior a 5.

2: Pruebas escritas teórico-prácticas (70%) en las que se plantearán cuestiones y/o problemas del ámbito de la ingeniería de complejidad similar a la utilizada durante el curso. Se valorará la calidad y claridad de la estrategia de resolución, los conceptos usados para resolver los problemas, ausencia de errores en el desarrollo y en las soluciones, y el uso correcto de la terminología y notación.

En cada una de las pruebas escritas teórico-prácticas que se realicen, el alumnado deberá obtener una nota igual o superior a 5 para superar la asignatura.

3: El estudiante podrá escoger entre una evaluación continua, realizada en forma de dos pruebas escritas y la entrega de los guiones de prácticas a lo largo del cuatrimestre, o una prueba global realizada al finalizar el cuatrimestre y la entrega de los guiones de prácticas.

El alumno que haya superado una parte de la evaluación continua, podrá presentarse al examen de evaluación global sólo con la parte de la evaluación continua no superada.

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

En una fuerte interacción profesor/alumno. Esta interacción se materializa por medio de un reparto de trabajo y responsabilidades entre alumnado y profesorado. No obstante, se tendrá que tener en cuenta que en cierta medida el alumnado podrá marcar su ritmo de aprendizaje en función de sus necesidades y disponibilidad, siguiendo las directrices

marcadas por el profesor.

La presente asignatura de regulación y control automático se concibe como un conjunto único de contenidos, pero trabajados bajo tres formas fundamentales y complementarias como lo son: los conceptos teóricos de cada unidad didáctica, la resolución de problemas o cuestiones y las prácticas, apoyadas a su vez por otra serie de actividades.

La organización de la docencia se realizará siguiendo las pautas siguientes:

— **Clases teóricas:** Actividades teóricas impartidas de forma fundamentalmente expositiva por parte del profesor, de tal manera que se exponga los soportes teóricos de la asignatura, resaltando lo fundamental, estructurándolos en temas y/o apartados y relacionándolos entre sí.

— **Clases prácticas:** El profesor resuelve problemas o casos prácticos con fines ilustrativos. Este tipo de docencia complementa la teoría expuesta en las clases magistrales con aspectos prácticos.

— **Prácticas:** El grupo total de las clases teóricas o de las clases prácticas se puede o no dividir en grupos más reducidos, según convenga. Se emplearán para analizar casos, resolver supuestos, resolver problemas, etc. A diferencia de lo que sucede con las clases prácticas, el profesor no es protagonista, limitándose a escuchar, atender, orientar, aclarar, valorar, evaluar. Se busca fomentar la participación del alumno, así como tratar de facilitar la evaluación continua del alumnado y conocer el rendimiento del aprendizaje.

— **Tutorías individuales:** Son las realizadas a través de la atención personalizada, de forma individual, del profesor en el departamento. Tienen como objetivo ayudar a resolver las dudas que encuentran los alumnos, especialmente de aquellos que por diversos motivos no pueden asistir a las tutorías grupales o necesitan una atención puntual más personalizada. Dichas tutorías podrán ser presenciales o virtuales, fomentando el uso de las últimas tecnologías disponibles.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

1: Implica la participación activa del alumnado, de tal manera que para la consecución de los resultados de aprendizaje se desarrollarán, sin ánimo de redundar en lo anteriormente expuesto, las actividades siguientes:

— **Actividades genéricas presenciales:**

● **Clases teóricas:** Se explicarán los conceptos teóricos de la asignatura y se desarrollarán ejemplos prácticos ilustrativos como apoyo a la teoría cuando se crea necesario.

● **Clases prácticas:** Se realizarán problemas y casos prácticos como complemento a los conceptos teóricos estudiados.

— **Actividades genéricas no presenciales:**

● Estudio y asimilación de la teoría expuesta en las clases magistrales.

● Comprensión y asimilación de problemas y casos prácticos resueltos en las clases prácticas.

● Preparación de seminarios, resolución de problemas propuestos, etc.

● Preparación de las prácticas en grupo, elaboración de los guiones e informes correspondientes.

● Preparación de las pruebas escritas de evaluación continua y exámenes finales.

— **Actividades de refuerzo:** De marcado carácter no presencial, a través de un portal virtual de enseñanza (Moodle) se dirigirán diversas actividades que refuercen los contenidos básicos de la asignatura. Estas actividades podrán ser personalizadas o no, controlándose su realización a través del mismo.

La asignatura consta de 6 créditos ECTS, lo cual representa 150 horas de trabajo del alumno/a en la asignatura durante el semestre, es decir, 10 horas semanales durante 15 semanas lectivas.

Un resumen de la distribución temporal orientativa de una semana lectiva puede verse en la tabla siguiente. Estos valores se obtienen de la ficha de la asignatura de la Memoria de Verificación del título de grado, teniéndose en cuenta que el grado de experimentalidad considerado para dicha asignatura es bajo.

Actividad	Horas semana lectiva
Clases magistrales	3
Prácticas	1
Otras actividades	6

No obstante la tabla anterior podrá quedar más detallada, teniéndose en cuenta la distribución global siguiente:

- 44 horas de clase magistral, con un 40 % de exposición teórica y un 60 % de resolución de problemas tipo.
- 12 horas de prácticas y trabajos tutelados, en sesiones de 2 horas en semanas alternas.
- 4 horas de pruebas de evaluación escrita, a razón de dos horas por prueba.
- 40 Horas de trabajo en grupo, repartidas a lo largo de las 15 semanas de duración del semestre.
- 50 horas de estudio personal, repartidas a lo largo de las 15 semanas de duración del semestre.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

En la tabla siguiente, se muestra el cronograma orientativo que recoge el desarrollo de las actividades presentadas con anterioridad, pudiendo variar en función del desarrollo de la actividad docente.

Actividad	Semana lectiva															Horas		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	P	T	
Tema 1	4															4	44	
Tema 2		3	3	3												9		
Tema 3					3	3										6		
Tema 4							3	3								6		
Tema 5									2	3						5		
Tema 6											3	3				6		
Tema 7													3	3	2	8		
Práctica 1		1	1													2	12	
Práctica 2				1	1	1	1									4		
Práctica 3								1		1						2		
Práctica 4											1	1				2		
Práctica 5													1	1		2		
Prueba 1									2							2	4	
Prueba 2															2	2		
Trabajo en grupo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	1	40	40
Estudio personal	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	5	50	50
Total	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	150	150	

Las fechas de los exámenes finales serán las publicadas de forma oficial en <http://www.eupla.es/secretaria/academica/examenes.html>.

Las pruebas de evaluación escrita estarán relacionadas con los temas siguientes:

- **Prueba 1:** Tema 1, 2, 3 y 4.
- **Prueba 2:** Tema 5, 6 y 7.

Al final de cada tema se propondrán una serie de ejercicios de refuerzo que ayudarán a guiar el estudio personal del alumno.

Contenidos

Contenidos de las asignaturas indispensables para la obtención de los resultados de aprendizaje.

Las pautas seguidas para elaborar los contenidos han sido las siguientes:

- Se respetaron los contenidos propuestos en la memoria de verificación.
- Se desarrolló un temario cuyos capítulos concuerdan en general con los títulos del programa especificado. Cuando así no se hizo fue porque por su extensión y/o correlación se incluyó en otro.
- Se seleccionó una nutrida bibliografía de reconocida solvencia técnica.
- Se seleccionaron los temas mejor tratados de la bibliografía y se volcaron en un texto único, de diseño y formato propio, con innovadores recursos didácticos. El profesor no ha pretendido ser inédito en su elaboración, se ha basado en textos de reconocido prestigio, sólo son originales los objetivos, organización y presentación del material y redacción de algunos apartados de los temas. El texto completo está disponible en el servicio de reprografía de la Escuela.
- Las características principales de forma del texto se pueden resumir en disponer de siete temas, coincidentes con los contenidos, desarrollados de forma completa, evitando resúmenes.
- Los objetivos específicos conseguidos con la elaboración del propio texto podrán resumirse en los siguientes:
 - Resaltar la relación entre el análisis conceptual y la resolución de problemas, empleando el número de ejemplos necesarios para mostrar los enfoques de resolución de los mismos, haciendo hincapié en que resolverlos es un proceso en el cual se aplica el conocimiento conceptual, y no se trata meramente de un modelo mecanizado para la solución. Por ello, en el texto y en los ejemplos resueltos se resaltan los procesos mentales de resolución de problemas con base en los conceptos, en vez de destacar los procedimientos mecánicos.
 - Proporcionar a los alumnos/as la práctica en el empleo de las técnicas de análisis que se presentan en el texto.
 - Mostrar a los alumnos/as que las técnicas analíticas son herramientas, no objetivos, permitiendo en variadas situaciones que practiquen en la elección del método analítico que usarán para obtener la solución.
 - Alentar el interés de los alumnos/as en las actividades de la ingeniería, incluyendo problemas de aplicación real.
 - Elaborar problemas y ejercicios que utilicen valores realistas que representen situaciones factibles.
 - Alentar a los alumnos/as para que evalúen la solución, ya sea con otro método de resolución o por medio de pruebas, para ver si tiene sentido en términos del comportamiento conocido del circuito, máquina o sistema.
 - Mostrar a los alumnos/as cómo se utilizan los resultados de una solución para encontrar información adicional acerca del comportamiento de un circuito, máquina o sistema.
 - La resolución de la mayoría de los problemas requerirá el tipo de análisis que debe efectuar un ingeniero al resolver problemas del mundo real. Los ejemplos desarrollados, en donde se recalca la forma de pensar propia de la ingeniería, también sirven como base para solucionar problemas reales

El programa de la asignatura se estructura en torno a dos componentes de contenidos complementarios:

Contenidos teóricos.

La elección del contenido de las diferentes unidades didácticas se ha realizado buscando la clarificación expresa del objetivo terminal de modo que con la unión de conocimientos incidentes, el alumno/a obtenga un conocimiento estructurado, asimilable con facilidad para los Ingenieros de Mecatrónica.

Los contenidos teóricos se articulan en base a siete unidades didácticas, tabla adjunta, bloques indivisibles de tratamiento, dada la configuración de la asignatura que se programa. Dichos temas recogen los contenidos necesarios para la adquisición de los resultados de aprendizaje predeterminados.

Temario propuesto

1. Introducción a los sistemas de control digitales	-El computador como elemento de control -Ventajas e inconvenientes del control por computador -Funciones de un computador de procesos -Esquemas de control por computador
1. Secuencias	-Secuencias y sistemas discretos -Estabilidad de un sistema discreto -Representación frecuencial de un sistema discreto -Transformada de Fourier de una secuencia -Transformada de Laplace de una secuencia
1. Transformada Z	-Definición de la transformada Z -Análisis de convergencia -Propiedades de la transformada Z -Transformada inversa de Z
1. Sistemas discretos	- Función de transferencia en Z -Representación gráfica de sistemas discretos -Muestreo de señales -Teorema del muestreo -Bloqueadores <ul style="list-style-type: none"> • Ideal • Banda limitada • Causales • Orden cero • Orden uno • Órdenes superiores
1. Sistemas muestreados	-Introducción. -Representación discreta de un sistema continuo. -Transformada Z modificada. -Función de transferencia en Z modificada. -Sistemas realimentados. -Sistemas multivariables. -Estabilidad
1. Análisis dinámico de sistemas discretos	-Respuesta a la secuencia impulso -Influencia de los polos reales -Influencia de los polos complejos -Respuesta al escalón unitario -Sistema reducido equivalente -Sistemas de primer orden -Sistemas de segundo orden
1. Síntesis de reguladores discretos	-Síntesis clásica y muestreo rápido -Método de los polos dominantes -Ejercicios de síntesis resueltos

Contenidos prácticos.

La mayoría de los temas expuestos en la sección anterior, llevan asociados prácticas al respecto, ya sean mediante supuestos prácticos, interpretación y comentario de lecturas asociadas a la temática y/o trabajos conducentes a la obtención de resultados y a su análisis e interpretación. Conforme se desarrollen los temas se irán planteando dichas prácticas, bien en clase o mediante la plataforma Moodle.

Uno de los elementos claves de las prácticas de este curso corresponde al uso de software de simulación y apoyo al cálculo de sistemas automáticos de control como Octave, Matlab y Simulink.

El segundo elemento lo constituye la programación en lenguaje C sobre microcontroladores, la construcción de filtros y reguladores digitales constituirá uno de los pilares básicos de la asignatura.

Las prácticas de regulación y control automático constituyen un complemento muy importante para la formación integral del alumno/a que cursa la titulación de Ingeniería de Mecatrónica. El ingeniero/a a de tener presente siempre que sólo se conoce bien aquello que se puede calcular, y, sobre todo, calcular con precisión.

Prácticas propuestas

1. Diseño de reguladores por el método de la frecuencia, avance y atraso

2. Diseño de filtros digitales discretos
3. Sensores digitales
4. Controladores PID discretizados
5. Diseño de sistemas discretos por el método de los polos dominantes.

Recursos

Materiales.

Material	Soporte
Apuntes de teoría del temario Transparencias temario tradicionales Problemas temario	Papel/repositorio
Apuntes de teoría del temario Presentaciones temario Problemas temario Enlaces de interés	Digital/Moodle Correo electrónico
Manuales técnicos	Papel/repositorio Digital/Moodle

Bibliografía

Bibliografía

Dorf, R. C. (1991). *Modern Control Systems* (6th ed.). Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

Franklin, G. F., Workman, M. L., & Powell, D. (1997). *Digital control of dynamic systems*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=550726>

Halme, A. (1989). Discrete-time control systems: K. Ogata. *Automatica*, 25(5), 788-789.

Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de control automáticos de control*. Pearson Educación.

Ogata, K. (1997). *Modern control systems*. Prentice Hall.

Phillips, C. L., & Nagle, H. T. (2007). *Digital control system analysis and design*. Prentice Hall Press. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1534856>

Salgado, M. E., Yuz, J. I., & Rojas, R. A. (2005). *Análisis de sistemas lineales*. Prentice Hall.

Skogestad, S., & Postlethwaite, I. (2007). *Multivariable feedback control: analysis and design* (Vol. 2). Wiley New York. Retrieved from <http://alexandria.tue.nl/openaccess/Metis208895.pdf>

Truxal, J. G. (1955). *Automatic feedback control system synthesis*. McGraw-Hill.

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Dorf, Richard C.. *Modern control systems* / Richard C. Dorf, Robert H. Bishop. - 11th ed. Upper Saddle River (New Jersey) : Pearson Prentice Hall, cop. 2008
- Franklin, Gene F.. *Digital Control of Dynamic Systems* / Gene F. Franklin, J. David Powell, Michael L. Workman . - 2a. ed. Reading, Massachusetts [etc.] : Addison-Wesley Publishing, cop. 1990
- Kuo, Benjamin C.. *Sistemas de control automático* / Benjamin C. Kuo ; traducción, Guillermo Aranda Pérez ; revisor técnico, Francisco Rodríguez Ramírez . - 1ª ed. en español México [etc.] : Prentice Hall Hispanoamericana, cop. 1996
- Ogata, Katsuhiko. *Discrete-time control systems* / Katsuhiko Ogata London[etc.] : Prentice-Hall International, cop. 1987
- Ogata, Katsuhiko. *Modern control engineering* / Katsuhiko Ogata . - 3rd ed., international ed. Upper Saddle River, NJ : Prentice-Hall International, cop. 1997
- Phillips, Charles L.. *Digital control system analysis and design* / Charles L. Phillips, H. Troy Nagle Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, cop. 1984
- Raven, Francis H.. *Automatic control engineering* / Francis H. Raven . - 3rd ed. Tokyo : McGraw-Hill Kogalusha, cop. 1978
- Salgado, Mario E.. *Análisis de sistemas lineales* / Mario E. Salgado, Juan I. Yuz, Ricardo A. Rojas. 1ªedición Madrid: Pearson Prentice Hall, D.L. 2005
- Skogestad, Sigurd. *Multivariable feedback control :analysis and design* / Sigurd Skogestad, Ian Postlethwaite. - 2 edc. Chichester: John Wiley & sons, cop. 2005e

- Truxal, J.G.. Automatic feedback control system synthesis/ J.G. Truxal. - 1 edic. MCGRAW-HILL ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING SERIES. -- NEW YORK;MCGRAW-HILL BOOK COMPANY;1955