Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA			
Asignatura:	**Autómatas y Control Discreto**		
Profesor Titular:	**Ing. Gabriel Luis Julián**		
Carrera:	**Ingeniería en Mecatrónica**		
Año: 2015	**Semestre: 10°**	**Horas Semestre: 60**	**Horas Semana: 4**

OBJETIVOS

Autómatas y Control Discreto es una asignatura multidisciplinaria que tiene por objeto el estudio de la teoría y práctica de los sistemas electrónicos secuenciales o autómatas programables de control (comúnmente conocidos como "Controladores Programables" o "PLCs"), y su aplicación específica al control digital de procesos industriales continuos y/o activados por eventos discretos, incluyendo modelado, análisis, diseño e implementación.

Para ello, como **objetivos** específicos se busca que los alumnos alcancen los siguientes logros:

- Aprender el control de eventos discretos.
- Concebir, estructurar y elegir los elementos de control de sistemas de procesos industriales discretos.

CONTENIDOS

UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN: AUTOMATISMOS Y CONTROL DISCRETO

Objetivo: Presentar el panorama general de aplicaciones, tecnologías y principios básicos involucrados en los automatismos industriales y control discreto.

A. **Introducción** y Motivación. **Automatismos** industriales: concepto y esquema general, componentes. Proceso o sistema físico a controlar, sus variables de interés (discretas y/o continuas). **Estructura** básica de un sistema automatizado. Control centralizado vs. control distribuido: arquitecturas de hardware y software (control y comunicaciones). **Aplicaciones** mecatrónicas: control automático secuencial o supervisor (activado por eventos discretos) y control discreto de lazo cerrado (continuo con datos muestreados) de procesos y maquinaria (ejemplos y casos de manipulación y movimiento de materiales, generación de energía, fabricación industrial, etc.).

B. **Fundamentos** y revisión de conceptos básicos. **Sistemas secuenciales activados por Eventos Discretos** (ya sean señales discretas, distintos modos de operación, etc.). Modelado y representación mediante estados finitos: ecuación de estado y diagrama de transiciones de estado. **Autómatas** secuenciales o máquinas de estados finitos (FSM, Finite-State Machines); modelos de Moore y Mealy. Ejemplos de aplicación: modelado y simulación de autómatas finitos mediante Simulink / Stateflow.

C. Metodologías de descripción o especificación de comportamiento y diseño conceptual de sistemas secuenciales de eventos discretos. Representación mediante **GRAFCET** (según

IEC 60848); estructura jerarquizada de GRAFCET. Generalización según IEC 61131: Diagrama Funcional Secuencial (**SFC**, Sequential Function Chart). Ejemplos de aplicación: modelado y simulación mediante entorno Step7: S7-Graph / PLCSIM (Siemens) o similar.

UNIDAD 2: AUTÓMATAS PROGRAMABLES – NORMA IEC 61131: ARQUITECTURAS Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Objetivo: Evaluar distintas configuraciones posibles de controladores programables y seleccionar la más adecuada para una aplicación. Conocer y utilizar lenguajes de programación normalizados. Implementar ejemplos simples de aplicación.

A. **Autómatas programables**. Funciones y **arquitecturas básicas**, evolución y estado actual; sistemas basados en procesador digital, compactos vs. modulares. Autómatas programables y tiempo real: ciclo básico de ejecución, tareas periódicas, tareas dependientes de eventos externos, inicialización, etc.. Entorno de los autómatas programables: sensores y actuadores, interfaces. Módulos básicos (DI/DO, AI/AO) y especializados (sensores DTR, comunicaciones, etc.). **Elección** de un autómata programable: objetivos de control y comunicación, especificación de requisitos. Criterios de selección. Ejemplos.

B. Medidas de **seguridad** en los automatismos: circuito interno de vigilancia (watchdog); diagnóstico de fallas. Redundancia y protección de I/O. Dispositivos de seguridad externos: cadena de contactos de seguridad cableada externa. Seguridad funcional integrada.

C. **Entorno normalizado y Lenguajes de programación** (**IEC 61131-3**). Tipos de datos. Variables. Configuración, recursos y tareas. Unidades de organización de programa (POUs): programas, funciones y bloques funcionales. **Lenguajes**: literales (IL, lista de instrucciones; ST, texto estructurado) y gráficos (LD, esquema de contactos; FBD, diagrama de bloques de función; SFC, diagrama funcional secuencial (GRAFCET)). Breve revisión de lenguajes base LD, IL, FBD. Aspectos particulares del **lenguaje ST**: expresiones; sentencias de asignación; sentencias de invocación y retorno de funciones y bloques de función; sentencias de selección e iteración (estructuras de control de flujo de programa).

D. **Aplicaciones y prácticas** con autómatas a través de ejemplos simples de aplicación mediante entorno de desarrollo Step7: S7-SCL / S7-Graph / PLCSIM (Siemens) o similar, incluyendo los siguientes aspectos: Creación de un proyecto de desarrollo para una aplicación. Configuración de hardware. Estructuración y codificación de software, declaración de tipos y variables; asignación de unidades de código a tareas en el recurso de hardware. Depuración, verificación y validación mediante análisis funcional, simulación y ensayos de laboratorio y/o de campo. Control de revisiones y mantenimiento de software.

UNIDAD 3: DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL SECUENCIAL CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES

Objetivo: Aprender métodos sistemáticos de diseño, para programas de control discreto de mayor complejidad, utilizando entornos de desarrollo específicos para controladores programables.

A. **Métodos Clásicos:** Diseño de sistemas combinacionales de control. Diseño de sistemas secuenciales de control: método de emulación de biestables SR; método de emulación del diagrama de transición de estados finito.

B. **Métodos para sistemas de control secuencial complejos**: Diseño basado en la partición del algoritmo en fases. Diseño basado en el Diagrama Funcional Secuencial (**SFC**)/**GRAFCET**. Comparación entre ambos métodos.

C. **Aplicaciones y prácticas** a través de ejemplos de aplicación mediante entorno de desarrollo Step7: S7-SCL / S7-Graph / PLCSIM (Siemens) o similar.

UNIDAD 4: COMUNICACIONES INDUSTRIALES: REDES Y PROTOCOLOS

Objetivo: Entender las necesidades de comunicación en sistemas de automatización industrial y conocer las distintas opciones de topologías, medios y protocolos más usuales.

A. **Arquitecturas distribuidas** de sistemas de automatización complejos, evolución: control centralizado con estaciones remotas de I/O vs. control descentralizado o distribuido. Necesidades de comunicación: conceptos y definiciones básicas.

B. **Redes digitales y buses de campo**. Modelo de capas OSI. Medio físico y topologías de red. **Protocolos industriales de comunicación**: tipos, ventajas, criterios de elección. Definición de los perfiles de comunicación.

C. **Protocolos industriales más usuales**: Modbus, CAN, DNP3, Profibus, Profinet. Características y aplicación.

UNIDAD 5: CONTROL DISCRETO DE SISTEMAS CONTINUOS

Objetivo: Diseñar y simular sistemas de control discreto de lazo cerrado (continuo con datos muestreados), en conjunto con control automático secuencial o supervisor (activado por eventos discretos), implementables ambos con un autómata programable, para interactuar con procesos físicos reales con ambos tipos de señales.

A. Representación discreta de **sistemas dinámicos muestreados** en tiempo continuo. Criterios de selección del periodo de muestreo. Análisis de estabilidad. Diseño de **controladores discretos** realimentados o de lazo cerrado para sistemas muestreados, alternativas básicas: emulación discreta del controlador continuo vs. diseño discreto directo del controlador. Ejemplos de aplicación. **Simulación híbrida** mediante Matlab / Simulink.

B. Combinación con sistema de **control automático secuencial o supervisor**, activado por eventos discretos (ej. Modos de operación, generación de secuencia de trayectorias, protección por fines de carrera u otros eventos, etc.). Ejemplos de aplicación. **Simulación híbrida conjunta**, mediante Matlab / Simulink / Stateflow.

C. **Aplicación práctica**: implementación en autómata programable de ejemplos de aplicación, mediante entorno de desarrollo Step7: S7-SCL / S7-Graph / PLCSIM (Siemens) o similar.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Clases presenciales teórico-prácticas (4 hs./semana) con la siguiente modalidad:

- Presentación y desarrollo de conceptos y teoría con uso de recursos informáticos, explicaciones en pizarrón y material bibliográfico según convenga.
- Planteo de ejemplos y aplicación en control discreto de procesos físicos, tanto continuos como activados por eventos, y protocolos de comunicación. Resolución de ejercicios simples con participación activa de los alumnos.
- Prácticas guiadas de modelado y simulación numérica (Matlab / Simulink / Stateflow) de sistemas de control discreto de procesos físicos continuos y/o activados por eventos. Análisis de su comportamiento dinámico.
- Prácticas de laboratorio, en función del equipamiento didáctico disponible (entornos de desarrollo y simulación de aplicaciones en PLCs).

Atención de Consultas (1 h./semana): para aclarar dudas y reforzar temas de la asignatura.

Tarea independiente de los alumnos fuera de clase:

- Estudio y ejercitación práctica, lectura de bibliografía y manuales actualizados.
- Proyecto Global Integrador: análisis, diseño e implementación de un sistema de control discreto con autómatas programables. Demostración mediante simulación y/o implementación, y presentación de Informe técnico.

Material de apoyo y recursos didácticos: proyector multimedia con pantalla, aula de prácticas con software de aplicación para simulación y entorno de desarrollo de proyectos con autómatas programables; laboratorio de automática y control de accionamientos.

Actividad	**Carga horaria por semestre**
Teoría y resolución de ejercicios simples	30
Formación práctica	
Formación Experimental – Laboratorio	10
Formación Experimental - Trabajo de campo	0
Resolución de problemas de ingeniería	10
Proyecto y diseño	10
Total	**60**

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Mandado Pérez, Enrique et al.	Autómatas Programables y Sists. de Automatización, 2°Ed.	Alfaomega - Marcombo	2009	1
John, Karl-Heinz y Tiegelkamp, Michael	IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems, 2°Ed.	Springer	2010	-
Guerrero, Vicente et al.	Comunicaciones Industriales, 1°Ed.	Alfaomega	2010	-

Bibliografía complementaria

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
IEC (Int. Electrotechnical Commission)	International Standard IEC 61131: "Programmable Controllers"	IEC		
	IEC 61131- Part 1: General Information, Ed. 2.0		2003-05	
	IEC 61131- Part 3: Programming Languages, Ed. 3.0		2013-02	
	IEC 61131- Part 4: User Guidelines, Ed. 2.0		2004-07	
	IEC 61131- Part 5: Communications, Ed. 1.0		2000-11	
IEC (Int. Electrotechnical Commission)	Int. Standard IEC 60848, Ed. 3.0, "GRAFCET specification language for sequential function charts"		2013-02	
Jack, Hugh	Automating Manufacturing Systems with PLCs, Ver. 5.1		2008-03	
Martínez, L. et al.	Comunicaciones Industriales, 1°Ed.	Alfaomega - Marcombo	2009	
Franklin, G. et al.	Digital Control of Dynamic Systems, 3°Ed.	Addison-Wesley	1998	
Sommerville, I.	Ingeniería de Software, 7°Ed.	Pearson	2005	
Siemens, Phoenix Contact, Beckhoff, Schneider Electric, ABB, etc.	Manuales y catálogos técnicos de Autómatas Programables, Componentes y Sistemas de Control y Automatización Industrial			

Varios	Artículos técnicos seleccionados de publicaciones especializadas	IEEE, PLCOpen, etc.		

EVALUACIONES Y CONDICIONES DE APROBACIÓN

La aprobación de la asignatura se obtiene por **promoción directa**, para los alumnos que cumplan los siguientes requisitos:

1. Asistencia participativa a clases teórico-prácticas (75% mínimo obligatorio).
2. Aprobación de 2 evaluaciones parciales escritas teórico-prácticas (calificación mínima 70%). Cada evaluación parcial contará con una instancia de recuperación posible, a coordinar.
3. Aprobación del Informe de Proyecto Global Integrador al fin del cursado, con demostración mediante simulación (calificación mínima 70%).

La **regularización** de la asignatura y opción a rendir un examen final, para aquellos alumnos que no alcanzaron los requisitos para promoción directa, se obtiene con los siguientes requisitos mínimos:

1. Asistencia participativa a clases teórico-prácticas (75% mínimo obligatorio).
2. Aprobación de 2 evaluaciones parciales escritas teórico-prácticas, o sus recuperatorios (calificación mínima 70%).

El **examen final** para alumnos regulares consiste en una evaluación teórico-práctica, de forma oral o escrita, según el programa de examen (calificación mínima 70%).

Programa de examen

Contempla la totalidad de los contenidos del presente programa.

Mendoza, 3 de agosto de 2015.

Ing. Gabriel L. Julián, Prof. Titular