

Práctica 1. Introducción a la programación en tiempo real

1. Introducción

El lenguaje de programación Ada fue diseñado en un esfuerzo de colaboración, patrocinado por el Departamento de Defensa de los EEUU con la participación de la industria, mundo académico y comunidad internacional. Su propósito principal fue proporcionar un lenguaje de alto nivel en el que pudieran expresarse, desarrollarse y mantenerse los problemas de programación de sistemas. Ada contiene mecanismos especiales para la gestión de sucesos concurrentes en un entorno de tiempo real, desarrollando paquetes específicos de la aplicación y definiendo operadores y procedimientos genéricos. Fue a principios de los 70s cuando el Departamento de Defensa de los EE.UU., identificó un grave problema en el crecimiento del coste del software en los sistemas de computadoras “empotradas”, es decir, sistemas que están incluidos en distintos vehículos militares.

Los objetivos de esta práctica son:

- Aprendizaje de los aspectos básicos de la creación de programas en el lenguaje de programación Ada.
- Analizar los conceptos más importantes relacionados con la planificación en sistemas en tiempo real.
- Definir un esquema de planificación basado en un ejecutivo cíclico.
- Evaluar las ventajas e inconvenientes de este método.

Actividades a realizar por los alumnos

Realice los ejercicios propuestos en su disco de trabajo y conteste en esta ficha los pasos que ha realizado para resolver cada ejercicio. Se recomienda que al mismo tiempo que ejecuta el ejercicio en el ordenador, a continuación copie el resultado en esta ficha modelo

Apellidos		
Nombre		
Titulación		

CONTROL DE UNA INSTALACIÓN DE DESTILACIÓN POR MEMBRANAS

En la Figura 1 se presenta el diagrama esquemático de una instalación de destilación por membranas alimentada con energía solar. Esta instalación se basa en una tecnología llamada destilación por membranas, en la cual, a través de un proceso de evaporación se produce agua desalada usando como alimentación agua de mar.

En este tipo de instalaciones se requieren dos procesos fundamentales de control. El primero consiste en el control de la temperatura de salida del campo solar (ST2 en la Fig. 1). Mantener una temperatura adecuada a la salida del campo es determinante para lograr un óptimo funcionamiento de la planta. En este tipo de sistemas la señal de control es el caudal de entrada del campo solar (SC1 en la Fig. 1), el cual se debe ir variando en función de los niveles de irradiancia medidos a través del sensor de radiación (SR1 en la Fig. 1) y las condiciones

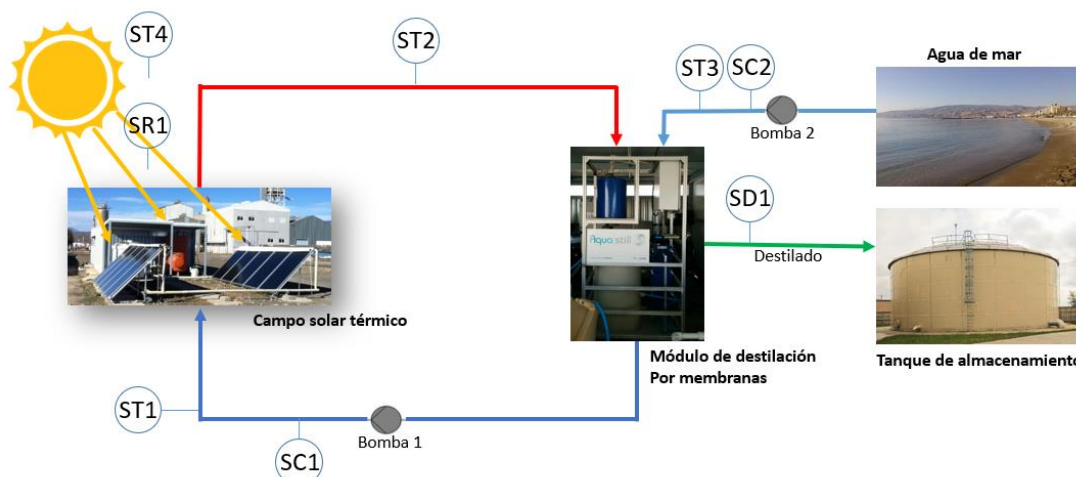


Figura 1. Diagrama esquemático de la instalación de destilación por membranas. ST son sensores de temperatura [°C], SC son sensores de caudal [L/h], SR es un sensor de radiación [W/m²], y SD es un sensor de destilado [L/h].

de operación del campo solar las cuales son la temperatura ambiente, la cual se mide a través del sensor ST4, y la temperatura de entrada al campo, medida a través del sensor ST1. La temperatura óptima de operación del campo solar para esta operación es de 82 °C. Las tareas específicas de este proceso de información será leer los datos de los diferentes sensores, calcular la señal de control, y enviarla al actuador correspondiente.

La segunda tarea de control consiste en mantener un nivel de producción de destilado determinado, el cual se mide con el sensor de destilado SD1. En este caso la señal de control es el caudal de entrada al módulo de destilación (SC2 en la Fig. 1), el cual debe ir variando en función de la temperatura del agua de mar, medida con el sensor ST3 y la temperatura que le llega desde el campo (ST2). El nivel deseado de producción es de 25 L/h. Las tareas específicas de este proceso de información será leer los datos de los diferentes sensores, calcular la señal de control, y enviarla al actuador correspondiente.

Además, este proceso industrial está sujeto a algunas restricciones, las cuales deben tenerse en cuenta como medidas de seguridad. En concreto, la temperatura a la salida del campo solar no debe ser mayor de 98 °C. Por consiguiente, si se detecta que la temperatura es mayor de 98 °C, **se debe enviar un mensaje de alarma por pantalla y escribir este mensaje de error en el histórico de alarmas llamado "alarm_log.txt" que incluya el mensaje y el número de iteración (k) en la que sucede.**

Por último, como en casi todas las plantas industriales, se requiere una visualización por pantalla de los estados de todos los actuadores de la instalación y de las alarmas de seguridad. Además, también se requiere un almacenamiento histórico de toda esta información.

EJERCICIO 1.

Montar un simulador de la planta real en base a las siguientes ecuaciones:

$$ST2(k) = ST1(k-1) + \frac{(\beta \cdot L_{eq} \cdot SR1(k)) \cdot c}{SC1(k) \cdot C_p \cdot \rho} - \frac{(H \cdot (T_t(k) - ST4(k))) \cdot c}{SC1(k) \cdot C_p \cdot \rho}, \quad (1)$$

$$T_t(k) = \frac{ST1(k-1) + ST2(k-1)}{2}, \quad (2)$$

$$ST1(k) = ST2(k) - 10, \quad (3)$$

$$SD1(k) = 24 \cdot (0.135 + 0.003 \cdot ST2(k-1) - 0.0203 \cdot ST3(k) - 0.001 \cdot SC2(k) + 0.00004 \cdot ST2(k-1) \cdot SC2(k)). \quad (4)$$

Donde el valor de cada una de las constantes se define en la siguiente tabla:

Constante	Valor
β	0.15 [m]
L_{eq}	15 [m]
H	4 [J/s K]
c	$9 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 10000$ [s L/min m ³]
C_p	4190 [J/kg °C]
ρ	975 [kg/m ³]

Para ello, encapsule las ecuaciones en un paquete llamado “Simulador”. Una vez montado este paquete, se debe simular la planta usando como datos de entrada los que se presentan a continuación:

k	SR1 [W/m ²]	ST4 [°C]	ST3 [°C]
1	604	20	20
2	604	20	20.6
3	609	20.1	19.8
4	620	20	20.0
5	590	20	20
6	530	20	20.5
7	450	20	20
8	420	20.2	20
9	460	20	20.7
10	480	20	20
11	450	20	20.5
12	480	20.3	19.0
13	400	20	19.5
14	450	20	20
15	350	20	21

Los datos se deben leer de un archivo de texto llamado *"input.txt"*. Los valores para los caudales (SC1 y SC2) se tomarán fijos en toda la simulación, con un valor de 15 [L/min] y 450 [L/h] para SC1 y SC2, respectivamente. Además, se debe tomar como valores iniciales para la simulación $ST2(0) = 60$ [°C] y $ST1(0) = 50$ [°C].

En la simulación, también se deben implementar y usar los **métodos de seguridad, almacenamiento de datos y visualización por pantalla**. Se debe crear un paquete para cada uno de los métodos con sus correspondientes funciones o procedimientos, y ejecutarlos en cada vuelta del bucle de simulación después de llamar al simulador con los datos de entrada. **La información de todos los sensores se guardará haciendo uso de un procedimiento en un archivo de texto llamado *"data.txt"* con el siguiente formato:**

k	$ST1(k)$	$ST2(k)$	$ST3(k)$	$ST4(k)$	$SC1(k)$	$SC2(k)$	$SR1(k)$	$SD1(k)$
1	ST1(1)	ST2(1)	ST3(1)	ST4(1)	SC1(1)	SC2(1)	SR1(1)	SD1(1)
...
15	ST1(15)	ST2(15)	ST3(15)	ST4(15)	SC1(15)	SC2(15)	SR1(15)	SD1(15)

Esta información se debe presentar por pantalla usando el mismo formato y se deben mostrar mensajes por pantalla si se exceden los límites de seguridad.

NOTA: En el programa desarrollado debe existir un paquete donde se definan todos los tipos de datos que se usan.

Una vez simulado el sistema, **se debe representar gráficamente la información guardada en la base de datos**. Esto se puede realizar con algún tipo de software que permita hacer la representación de forma directa a partir de un *.txt*, como puede ser Excel. Se aconseja realizar gráficas en función de las variables, es decir, representar en una gráfica todas las variables que miden temperatura, en otra las relacionadas con los caudales, en otra la radiación, y en otra el flujo de destilado. Nótese que en el eje x siempre debe ir el valor de k . En base a los resultados, conteste a las siguientes preguntas:

1. ¿Se está operando el campo solar y el módulo de forma óptima?
2. ¿Se incumple las restricciones de seguridad en algún momento?

EJERCICIO 2.

Calcular los controladores del campo solar y del módulo. Para ello, en lugar de usar caudales fijos en toda la simulación, se deben usar los caudales óptimos, los cuales se pueden obtener para cada instante de simulación k despejando las variables de control (SC1 y SC2) de las ecuaciones (1) y (4), y sustituyendo el valor de $ST2(k)$ y $SD1(k)$ por sus puntos de operación óptimos. Además, se debe tener en cuenta que $7.5 \leq SC1(k) \leq 30$ L/h y que $400 \leq SC2(k) \leq 600$ L/h. Una vez calculado implemente los controladores en un paquete en ADA y simule el sistema siguiendo el siguiente orden para cada vuelta del bucle de simulación: lectura de datos del archivo input, calculo de las acciones de control, simulación de la planta, ejecución de los métodos de seguridad, almacenamiento de datos

y visualización por pantalla. Cómo en el caso anterior, se debe representar gráficamente los resultados y comentarlos. **¿Se cumplen en este caso las condiciones de operación óptimas?**