

MÉTODOS DE SIMULACIÓN Y MODELADO

Trabajo Práctico – Convocatoria ordinaria, curso 2024/25

INSTRUCCIONES

- El trabajo práctico debe realizarse de manera individual. No debe realizarse en grupo. Se penalizará cualquier uso compartido de las soluciones propuestas y de los códigos programados.
- El trabajo debe entregarse a través del curso virtual de la asignatura en la plataforma Alf.
- La fecha límite de entrega es el día 10 de enero.
- El alumno debe entregar un fichero comprimido, en formato zip o tar, que contenga:
 - o Una memoria en la cual explique la solución a los ejercicios, incluyendo los listados documentados de los modelos desarrollados y gráficas que muestren los resultados de las simulaciones. Este documento deberá estar en formato pdf.
 - o El código Modelica (ficheros .mo) y FlexPDE (ficheros .pde) solución a los ejercicios. No entregue ficheros ejecutables (ficheros .exe).

El nombre del fichero comprimido debe ser la concatenación de los dos apellidos y el nombre del alumno. Por ejemplo, GomezMartinLuisa.zip

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Para que el trabajo pueda ser corregido, es necesario que el alumno entregue dentro del plazo establecido un fichero comprimido que contenga la memoria en formato pdf y el código de los modelos correspondiente a los ejercicios que haya realizado.
- Si no entrega la memoria, el trabajo estará suspenso y será calificado con 0 puntos.
- El trabajo se compone de 4 ejercicios, cada uno de los cuales se valorará sobre 2.5 puntos.
- No es necesario realizar todos los ejercicios, pero para aprobar el trabajo es necesario que la suma de las puntuaciones obtenidas en los ejercicios sea mayor o igual que 5.
- Se valorará positivamente la adecuada documentación del código de los modelos, así como la presentación y calidad de las explicaciones proporcionadas en la memoria.
- Al plantear los modelos puede realizar las suposiciones e hipótesis de modelado que estime oportunas, siempre que no estén en contradicción con las especificaciones sobre el sistema dadas en el enunciado.

EJERCICIO 1

Lea el artículo citado a continuación, que puede descargar de la página web de la asignatura, y conteste **detalladamente** a las preguntas.

Åström, K.J., Elmqvist, H., Mattsson, S.E. *Evolution of continuous-time modeling and simulation*. The 12th European Simulation Multiconference, ESM'98, June 16–19, 1998, Manchester, UK.

1. ¿Qué analogías pueden establecerse entre el modelado basado en diagramas de bloques y el paradigma de la simulación analógica?
2. ¿Qué es el paradigma de modelado físico? ¿Qué tipo de modelos matemáticos se obtienen de aplicar el paradigma del modelado físico?
3. ¿Qué diferencias hay entre el paradigma de la simulación analógica y el paradigma del modelado físico?
4. Explique detalladamente la Figura 1 basándose en el artículo.

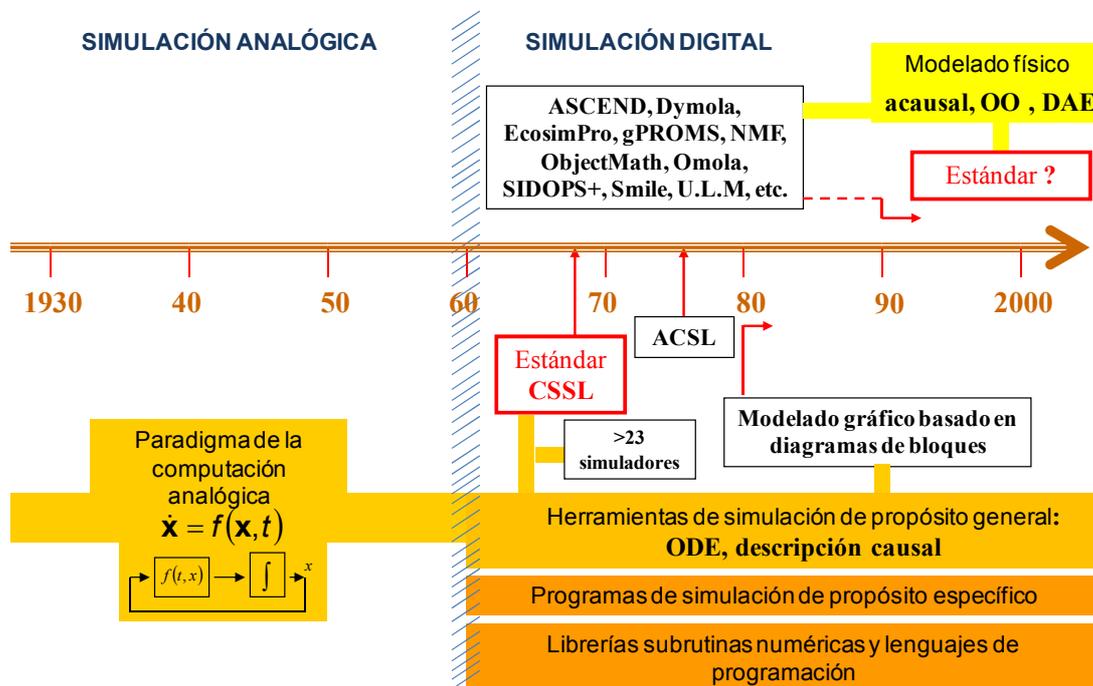


Figura 1: Evolución del modelado y simulación de tiempo continuo.

EJERCICIO 2

En la Figura 2 se muestra el modelo circuital de una batería de ion litio tipo LFP (litio-ferrofosfato), conectado a un cargador de baterías. El modelo de la batería describe el comportamiento de la misma durante el proceso de carga que lleva a cabo este cargador en concreto.

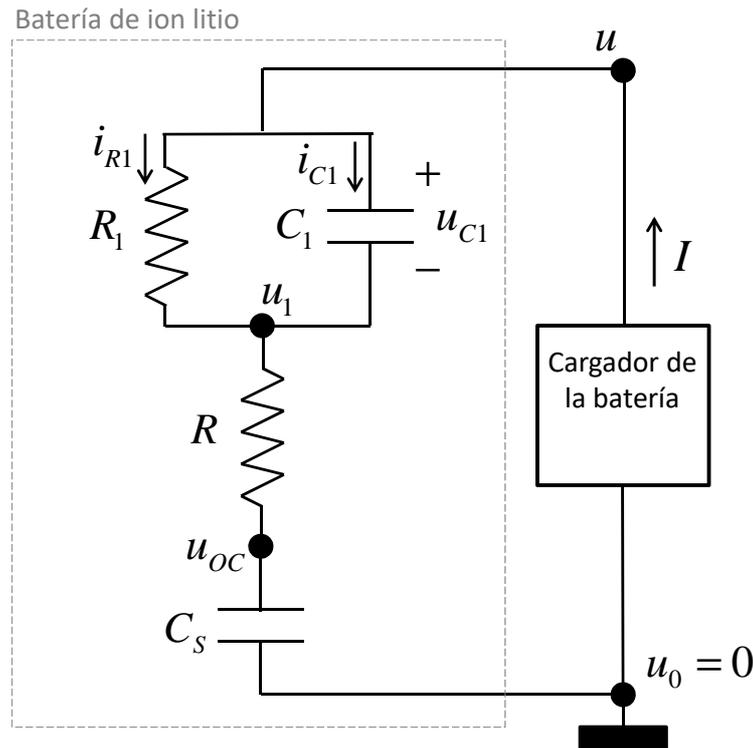


Figura 2: Modelo de una batería de ion litio y su cargador.

En el circuito se ha asignado nombre a los voltajes en los nodos y a las corrientes que circulan a través de los componentes. Se ha escogido el nodo u_0 como referencia para el voltaje: $u_0 = 0$.

El modelo de circuito equivalente de la batería está compuesto por dos resistencias de valor constante $R = 0.1212 \Omega$ y $R_1 = 1.1017 \Omega$, y dos condensadores de capacidad constante $C_S = 122.1975 \text{ F}$ y $C_1 = 13437 \text{ F}$. En la inicialización de la simulación, el voltaje entre los bornes del condensador C_S es $u_{OC} = 10.5 \text{ V}$ y el voltaje entre los bornes del condensador C_1 es $u_{C1} = 0 \text{ V}$.

El cargador puede encontrarse en cada instante de la simulación en uno de los tres modos de operación siguientes: {"Carga a CC", "Carga a VC", "Carga Completa"}. En la inicialización de la simulación, el cargador está en el modo "Carga a CC".

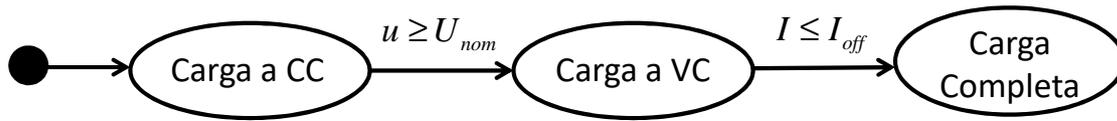


Figura 3: Transición entre los modos del cargador.

A continuación se describen las condiciones de transición entre los modos (mostradas en la Figura 3) y el comportamiento del cargador en cada modo de operación.

- Modo “Carga a CC” (Corriente Constante). Mientras el cargador está en este modo, el cargador impone que la corriente (I) valga un valor constante igual a $I_{1C} = 2.3$ A. Cuando se satisface la condición de que el voltaje de la batería es mayor o igual que $U_{nom} = 13.2$ V, se produce la transición al modo “Carga a VC”.
- Modo “Carga a VC” (Voltaje Constante). Mientras el cargador está en este modo, el cargador impone que el voltaje entre los bornes de la batería valga $u = U_{nom}$. Cuando se satisface la condición de que la corriente entrante a la batería (I) es menor o igual que $I_{off} = 0.02$ A, se produce la transición al modo “Carga Completa”.
- Modo “Carga Completa”. Mientras el cargador está en este modo, el cargador impone que la corriente valga $I = 0$. El cargador permanece indefinidamente en este modo de operación.

El modelo debe describir la evolución de los voltajes y las corrientes, así como de tres variables Booleanas llamadas *CargaCC*, *CargaVC* y *CargaCompleta* que describen el modo de operación del cargador: su valor es *true* mientras el cargador se encuentra respectivamente en el modo de operación “Carga a CC”, “Carga a VC” y “Carga Completa”, y *false* en caso contrario.

Realice las tareas siguientes:

1. Escriba las ecuaciones del modelo.
2. Asigne la causalidad computacional. Explique detalladamente el procedimiento seguido para ello. Si el modelo contiene un lazo algebraico lineal, resuélvalo “a mano”.
3. Dibuje el diagrama de flujo del algoritmo para la simulación de este modelo. Emplee el método de integración de Euler explícito. La condición de finalización de la simulación es que el tiempo alcance el valor 300 s.

4. Programe el algoritmo anterior en lenguaje R y ejecute la simulación. Explique detalladamente cómo ha escogido el tamaño del paso de integración. Represente gráficamente frente al tiempo las variables u , I , $CargaCC$, $CargaVC$ y $CargaCompleta$.

EJERCICIO 3

Describa en lenguaje Modelica el sistema del ejercicio anterior, de las dos maneras siguientes:

1. Como un modelo atómico, que viene descrito por las ecuaciones que usted ha planteado al contestar a la pregunta anterior.
2. Programe una librería en Modelica que contenga los componentes necesarios para componer el sistema descrito en el Ejercicio 2. La librería debe incluir los modelos de los componentes electrónicos (resistencia, condensador y tierra) y del cargador. A continuación, defina el sistema descrito en el Ejercicio 2 como un modelo compuesto, instanciando y conectando componentes de la librería que ha programado.

Asigne a los parámetros y a las condiciones iniciales los valores indicados en el ejercicio anterior. Simule los dos modelos anteriores durante 300 s, y represente gráficamente frente al tiempo las variables u , I , $CargaCC$, $CargaVC$ y $CargaCompleta$.

EJERCICIO 4

Se desea determinar la distribución estacionaria de temperatura ($temp$) de una lámina de un material que tiene forma rectangular, cuya dimensión es de 0.7 m por 0.3 m. La lámina tiene un orificio en la posición mostrada en la figura, cuyo radio es 0.1 m.

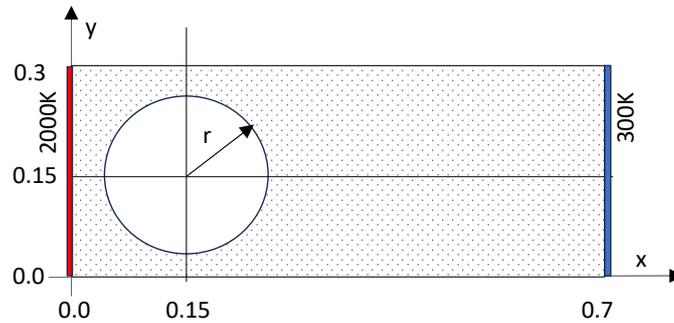


Figura 4: Sistema térmico.

La lámina está aislada y tiene una temperatura de 300 K y de 2000 K en los lados de longitud 0.3 m. La conductividad térmica de este material depende de la temperatura y en unidades del sistema internacional se calcula aplicando la fórmula $15000/temp$. Para acelerar la búsqueda de la solución, se ha de dar un valor inicial a la temperatura de 1300 K. Este problema se describe empleando la siguiente ecuación diferencial:

$$\text{div}(-k \cdot \text{grad}(temp)) = 0$$

Escriba un *script* empleando FlexPDE para obtener un mapa de contorno de la distribución de temperatura y un gráfico vectorial del flujo de calor a lo largo de la lámina.