

### Enunciado-2.3: 2 puntos (1,0 + 1,0)

2. Sea un proceso con tres hilos de ejecución concurrentes Hilo1, Hilo2 e Hilo3, cuyas secciones de código están numeradas como SCn (n=1,...,7), que deben sincronizarse cumpliendo las siguientes reglas:

**Regla 1)** Las secciones SC2, SC4 y SC6 deben ejecutarse en exclusión mutua entre ellas.

**Regla 2)** La SC3 debe ejecutarse después de la SC2 y la SC5 debe ejecutarse después de la SC4.

**Regla 3)** Las secciones de código SC7 deben ejecutarse después de que acaben las dos SC6.

**Regla 4)** Las secciones de código SC7 deben ejecutarse en exclusión mutua entre ellas.

**Observe que** las secciones de código SC1, SC3, SC5 y SC7 pueden ejecutarse concurrentemente con cualesquiera otras siempre y cuando se cumpla todas las reglas.

a) Utilice semáforos con la notación propuesta por Dijkstra (operaciones P() y V()) con el objetivo de garantizar que las SCn de hilos que se proponen en la figura cumplen con las reglas anteriores al ser ejecutados. Indique el valor inicial de los semáforos que utilice.

#### Declaración e inicialización de variable

**Semaphore** m=1; s1=0; s2=0; s3=0; s4=0;

//Un semáforo inicializado a 1 permiten exclusión mutua entre SC. Para ello se debe utilizar el mismo semáforo entre dichas SC y realizar una operación P, antes de la SC y una operación V después de la SC.

// Para conseguir una relación de precedencia se debe utilizar un semáforo inicializado a 0. Para ello se debe realizar una operación P sobre dicho semáforo antes de la SC que debe esperar y una operación V tras la sección crítica que debe preceder.

// Los semáforos sólo pueden ser inicializados a 0 o a un valor positivo.

Hilo 1	Hilo 2	Hilo 3
	<b>P(m)</b>	SC1()
<b>P(s1)</b>	SC2()	
SC3()	<b>V(m)</b>	
	<b>V(s1)</b>	<b>P(m)</b>
	<b>P(s2)</b>	SC4()
<b>P(m)</b>	SC5()	<b>V(m)</b>
SC6()		
<b>V(m)</b>	<b>P(s4)</b>	<b>V(s2)</b>
<b>V(s3)</b>		
<b>P(s4)</b>	<b>P(m)</b>	<b>P(m)</b>
	SC7()	SC6()
<b>P(m)</b>	<b>V(m)</b>	<b>V(m)</b>
SC7()		<b>P(s3)</b>
<b>V(m)</b>		
		<b>V(s4)</b>
		<b>V(s4)</b>

b) Indique de forma justificada todos los posibles valores que pueden tomar las variables globales X1, X3, X5, X7 e Y después de la ejecución concurrente de los hilos Hilo1, Hilo2 e Hilo3, suponiendo que se cumplen las reglas descritas en el apartado anterior y que las siguientes variables globales, así como las secciones de código están declaradas así:

Declaración de variables globales	Código de las secciones
<pre>int X1 = 0; int X3 = 0; int X5 = 0; int X7 = 0; int Y = 0;</pre>	<pre>void SC1 () {X1 = X1-1;} void SC2 () {Y = Y+2;} void SC3 () {X3 = X3+1;} void SC4 () {Y = Y*2;} void SC5 () {X5 = X5+1;} void SC6 () {Y = Y+4;} void SC7 () {X7 = X7+2;}</pre>

### Valores que pueden tomar las variables globales X1, X3, X5, X7 e Y

**Valores Iniciales:**  $X1 = 0$ ;  $X3 = 0$ ;  $X5 = 0$ ;  $X7 = 0$ ;  $Y = 0$ ;

Teniendo en cuenta que sólo las secciones críticas SC2, SC4 y SC6, modifican la misma variable Y, únicamente es importante considerar el orden de ejecución de estas secciones.

Los valores de las diferentes variables X son independientes del orden de ejecución de sus respectivas SC, ya que cada variable X sólo es modificada en la SC que lleva su número. Existen dos SC7 que se ejecutan en exclusión mutua y que ambas incrementan la variable X7 en 2. Por tanto los posibles valores de las variables X son:

$X1=-1$ ;  $X3=1$ ;  $X5=1$ ;  $X7=4$ ;

Para obtener todos los posibles valores de Y, hemos de tener en cuenta el orden de ejecución de las SC que comparten y modifican el valor de Y, es decir: SC2, SC4 y las dos SC6. Teniendo en cuenta que:

- Las SC2 y SC4 no tienen relación de precedencia entre ellas y admiten entre ellas los dos posibles órdenes de ejecución
- Por la secuencialidad propia de ejecución de las instrucciones de cada hilo existe una SC6 que siempre se debe ejecutar tras la SC4.

Con todo ello las posibles opciones de ejecución y los valores de Y quedan:

$(SC2 \rightarrow SC4 \rightarrow SC6 \rightarrow SC6) = (2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 12) \rightarrow Y=12$   
 $(SC2 \rightarrow SC6 \rightarrow SC4 \rightarrow SC6) = (2 \rightarrow 6 \rightarrow 12 \rightarrow 16) \rightarrow Y=16$   
 $(SC4 \rightarrow SC6 \rightarrow SC2 \rightarrow SC6) = (0 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 10) \rightarrow Y=10$   
 $(SC4 \rightarrow SC2 \rightarrow SC6 \rightarrow SC6) = (0 \rightarrow 2 \rightarrow 6 \rightarrow 10) \rightarrow Y=10$

**Resultado:**

**Posibles valores (X1, X3, X5, X7, Y):**  $(-1,1,1,4,12)$ ,  $(-1,1,1,4,16)$ ,  $(-1,1,1,4,10)$

**Aspectos a considerar:**

- Es importante que el alumno aporte la secuencia de operaciones o la justificación de dicha secuencia para conseguir la máxima nota.