

---

# Tecnología de la Programación

---

*Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas*

Elena M<sup>a</sup> Hernández Pereira  
Óscar Fontenla Romero

## Bloque didáctico II: Semántica de programas Tema 4

- Título: Uso de aserciones en la documentación de programas
  
- Unidades de contenido
  - Especificación de programas
  - Representación de valores iniciales y finales de variables
  - Esquemas de prueba

## Tema 4: Aserciones Especificación de programas

- Especificación
  - Describir exactamente que debe efectuar la ejecución de un programa
- ¿Cómo?
  - Lenguaje natural: *Comando-comentario*
  - Ej: *Almacenar en z el producto de a\*b, asumiendo que a y b son inicialmente mayores o iguales a cero*
  - Ej: Multiplicar a y b
  - Inconveniente: Ambigüedad

## Tema 4: Aserciones Especificación de programas (II)

- Hoare, 1969
  - $\{Q\} S \{R\} \Rightarrow$  Especificación de corrección total
  - $Q \Rightarrow$  Precondición, aserción de entrada
  - $R \Rightarrow$  Postcondición, aserción de salida
  - *Si la ejecución de S comienza en un estado que satisfaga Q, entonces se garantiza su terminación en un tiempo finito en un estado que satisfaga R*
- Ej:  $\{0 \leq a \wedge 0 \leq b\} S \{R: z = a*b\}$ 
  - S:  $z:=0; a:=0; b:=0;$
  - Fijados  $a, b \geq 0$ , se verifica que  $R: z = a*b$

## Tema 4: Aserciones Especificación de programas (III)

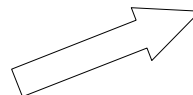
- Ej: Calcular el sumatorio de un array
  - Fijados  $n \geq 0$  y un array  $b[0:n-1]$ , establecer  $R: (\sum I \in [0,n): b[I])$
- Ej: Ordenar los elementos de un array
  - Fijados  $n \geq 0$  y un array  $b[0:n-1]$ , ordenar  $b$  es decir  $R: (\forall I \in [0,n-1): b[I] \leq b[I+1])$
  - Poner todos los elementos de  $b$  a cero

$\Rightarrow$  *Establecer valores iniciales y finales*

## Tema 4: Aserciones Representación de valores iniciales y finales

- Programa swap
  - Intercambia los valores de  $x$  e  $y$  utilizando  $t$
- *Formalmente*
  - *Valores iniciales: mayúsculas*
  - *Variables del programa: minúsculas*

$\{x=X \wedge y=Y\}$   
**Swap**  
 $\{R: x=Y \wedge y=X\}$



**Swap:**  
 $t := x;$   
 $x := y;$   
 $y := t;$

## Tema 4: Aserciones

### Representación de valores iniciales y finales (II)

- o Ej: Ordenación de un array

```
Fijados  $n \geq 0$  y un array  $c[0:n-1]$  con  $c=C$   
establecer  
R:  $\text{perm}(C,c) \wedge (\forall I \in [0,n-1]: c[I] \leq c[I+1])$ 
```

## Tema 4: Aserciones

### Esquemas de prueba

- o Predicado entre instrucciones  $\Rightarrow$  Aserción
  - *Indica lo que se cumple en ese punto de ejecución*
- o *Programa totalmente especificado*
  - *Aserciones entre cada par de instrucciones*
- o *Anotar un programa*
  - *Situar aserciones en él*
  - $\Rightarrow$  *Programa anotado*

```
Swap  
{x=X  $\wedge$  y=Y}  
t := x  
{t=X  $\wedge$  x=X  $\wedge$  y=Y}  
x := y  
{t=X  $\wedge$  x=Y  $\wedge$  y=Y}  
y := t  
{x=Y  $\wedge$  y=X}
```

## Tema 4: Aserciones Esquemas de prueba (II)

o Ej:

```
{i ≥ 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + i}
i := i + 1; s := s + i
{i > 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + i}
```

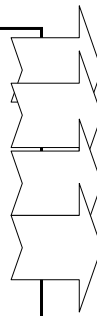
o Convenciones

- Aserción: nombre seguido de dos puntos
- Aserciones adyacentes significan que la primera implica la segunda

```
{P: i ≥ 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + i}
{P1: i + 1 > 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + (i + 1 - 1)}
i := i + 1;
{P2: i > 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + (i - 1)}
{P3: i > 0 ∧ s + i = 1 + 2 + ... + (i)}
s := s + i
{R: i > 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + i}
```

## Tema 4: Aserciones Esquemas de prueba (III)

```
1 {P: i ≥ 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + i}
2 {P1: i + 1 > 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + (i + 1 - 1)}
3 i := i + 1;
4 {P2: i > 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + (i - 1)}
5 {P3: i > 0 ∧ s + i = 1 + 2 + ... + (i)}
6 s := s + i
7 {R: i > 0 ∧ s = 1 + 2 + ... + i}
```



$P \Rightarrow P_1$

$\{P_1\} i := i + 1 \{P_2\}$

$P_2 \Rightarrow P_3$

$\{P_3\} s := s + i \{R\}$

## Tema 4: Aserciones Esquemas de prueba (IV)

- Escribir la especificación formal para:
  - *Establecer que  $x$  es el valor máximo del array  $b[0:n-1]$*
  - *Establecer que  $x$  es el valor absoluto de  $x$*
  - *Encontrar la posición de un valor máximo del array  $b[0:n-1]$*
  - *Encontrar la posición del primer valor máximo del array  $b[0:n-1]$*
  - *Determinar si un entero dado  $x$  mayor o igual que 1 es primo*

## Tema 4: Aserciones Esquemas de prueba (V)

- Escribir la especificación formal para:
  - *Determinar si un array de enteros  $b[0:n-1]$  está ordenado de forma ascendente*
  - *Colocar en cada posición de un array  $b[0:n-1]$  la suma de los valores de  $b$*
  - *Encontrar la primera persona que está en dos listas ordenadas alfabéticamente*
  - *Encontrar la primera persona que está en tres listas ordenadas alfabéticamente*