INGENIERÍA DE APLICACIONES

Concurrencia

Dra. María Luján Ganuza
mlg@cs.uns.edu.ar
DCIC - Depto. de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca
2019

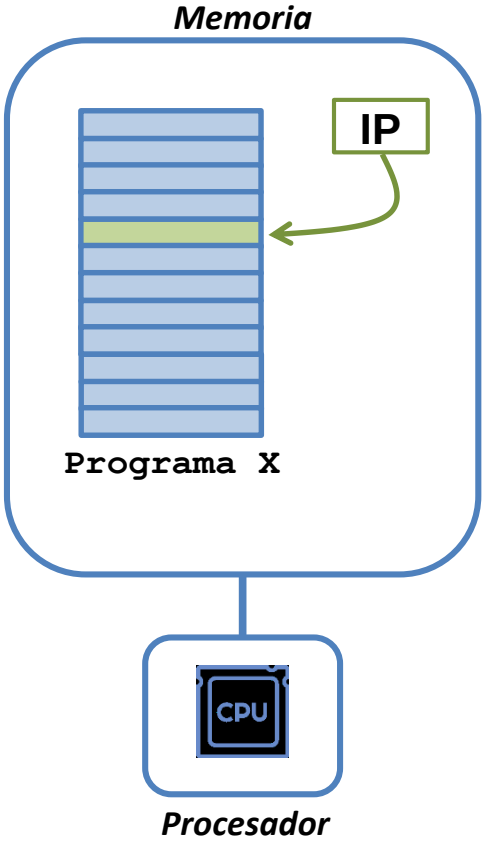
Concurrencia

La **concurrencia** es la capacidad de ejecutar operaciones de manera simultánea.

Gracias a la **concurrencia**, las cosas suceden:

- Espontáneamente (no necesariamente en respuesta a eventos).
- Continuamente o periódicamente.
- En forma independiente.
- Simultáneamente.

Programas Secuenciales



Un solo programa en memoria.

Un indicador (instruction pointer) marca la próxima sentencia a ejecutar.

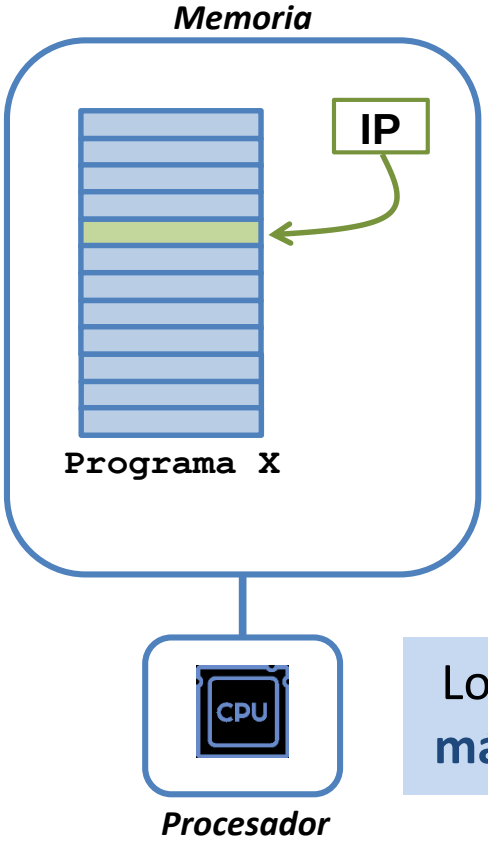
El instruction pointer “avanza” secuencialmente o de acuerdo a instrucciones específicas.

Un programa secuencial tiene entonces un sólo hilo de control (thread).

Su ejecución se denomina proceso.

En general, un proceso es la ejecución particular de un programa particular.

Programas Secuenciales

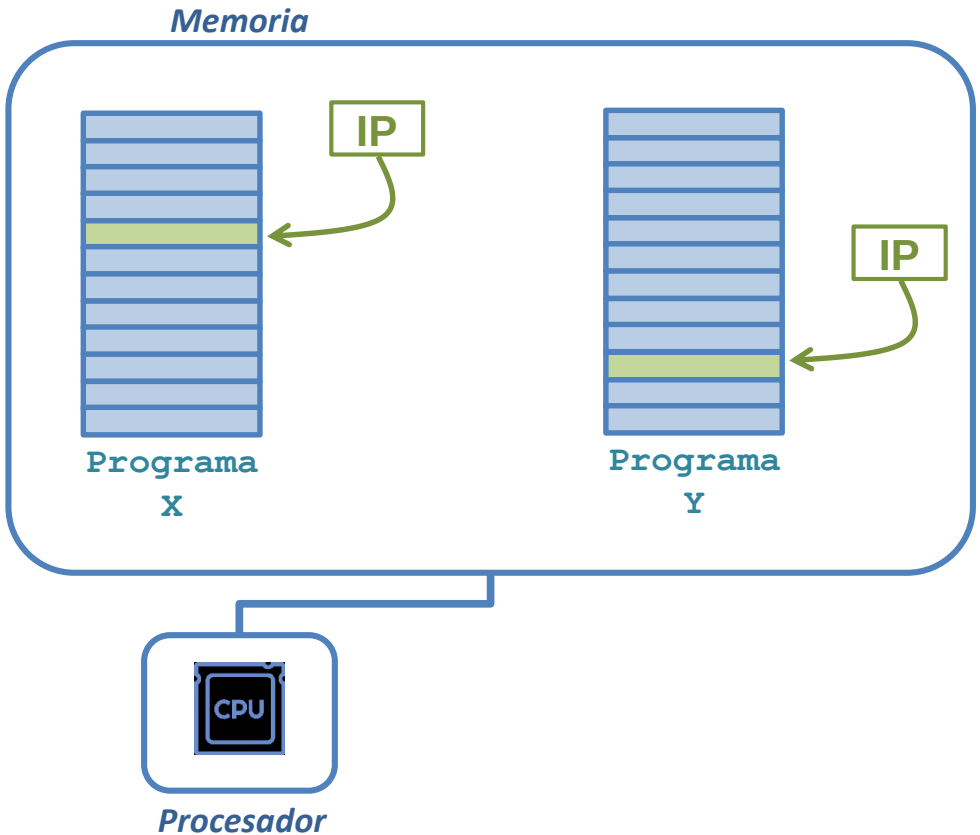


Inconvenientes:

- Algunos programas deben “esperar” que ocurran eventos (como entrada y salida de datos). Mientras tanto, no hacen nada!
- A veces es mas fácil escribir pequeños programas que realicen tareas simples en forma coordinada.
- No es muy “realista”: en el mundo realizamos más de una tarea a la vez…

Los sistemas operativos han evolucionado para permitir ejecutar **más de un programa a la vez**, administrando **más de un proceso**.

Programas Secuenciales



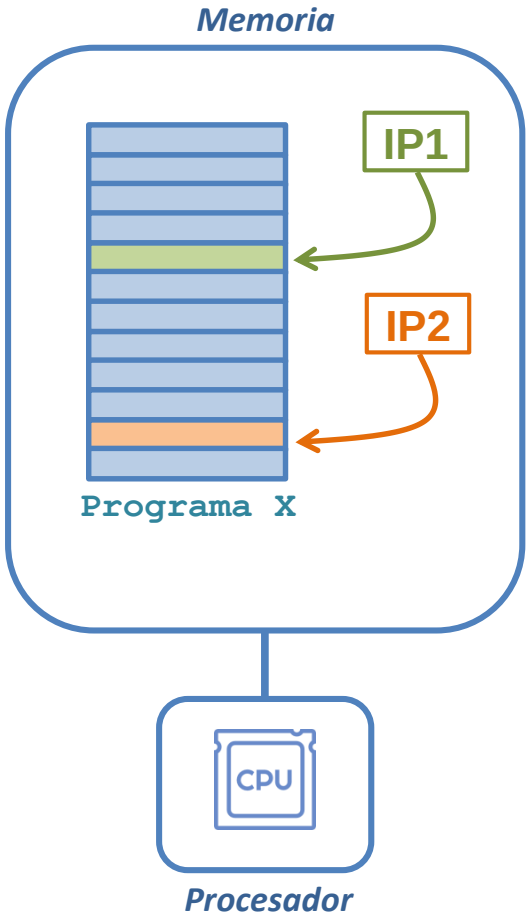
Dos procesos en ejecución, correspondientes a dos programas diferentes.

Existe un **instruction pointer para cada uno de ellos**.

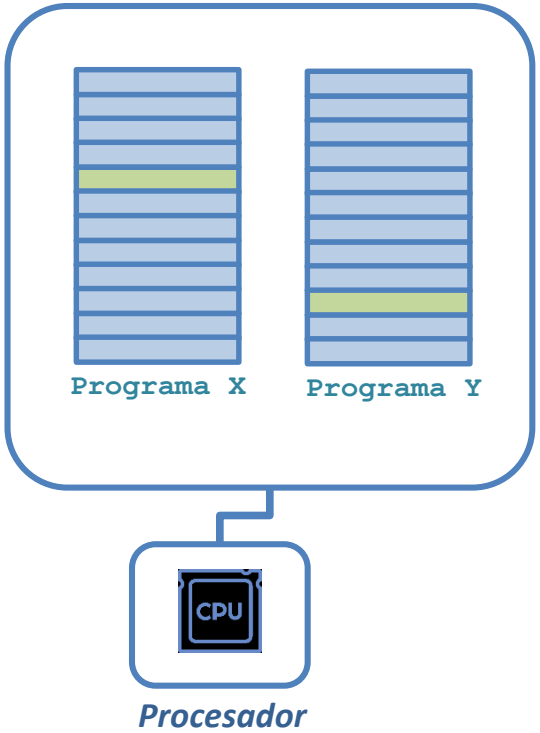
Programas Secuenciales

Dos procesos en ejecución, correspondientes a un **mismo programa**.

Existe un **instruction pointer para cada uno de ellos**.



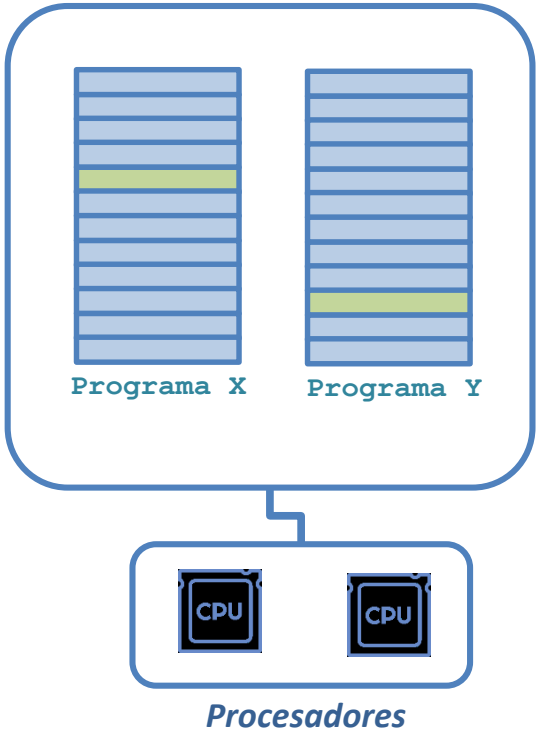
Concurrencia vs. Paralelismo



No confundir "concurrente" con "paralelo".

Concurrencia es ejecutar simultáneamente varios programas.

Paralelismo es la ejecución simultánea de varios procesadores.



Ejemplo

RobotExplorador

```
operación explorar()
mientras no(hayMinerales)
        p = elegirPuntoDestino;
        viajarHacia(p);
        hayMinerales = verMinerales(p);
recolectarMinerales(p);
dejarMineralesEnLaBase();
```

```
...
r1 = new RobotExplorador;
r1.explorar();
r2 = new RobotExplorador;
r2.explorar();
...
```

Una copia única del código.
Cada robot es un hilo de ejecución diferente.

Memoria

```
mientras no(hayMinerales)
        p = elegirPuntoDestino;
        viajarHacia(p);
        hayMinerales = verMinerales(p);
recolectarMinerales(p);
dejarMineralesEnLaBase();
```

Ejemplo

RobotExplorador

```
operación explorar()
mientras no(hayMinerales)
        p = elegirPuntoDestino;
        viajarHacia(p);
        hayMinerales = verMinerales(p);
recolectarMinerales(p);
dejarMineralesEnLaBase();
```

```
...
r1 = new RobotExplorador;
r1.explorar();
r2 = new RobotExplorador;
r2.explorar();
...
```

Una copia única del código.
Cada robot es un hilo de ejecución diferente.

Memoria

```
mientras no(hayMinerales)
        p = elegirPuntoDestino;
        viajarHacia(p);
        hayMinerales = verMinerales(p);
recolectarMinerales(p);
dejarMineralesEnLaBase();
```

Sincronización

```
f() {
  x = x - 1
}
```

```
g() {
  x = x + 1
}
```

¿cuáles son los posibles resultados de la ejecución concurrente de los dos programas comenzando con x = 0?

Sincronización

```
f() {
  a = x.getValor()
  a = a + 1
  x.setValor(a)
}
```

¿cuáles son los posibles resultados de la ejecución concurrente de f con x en 0? (es decir, dos hilos de ejecución en f)

Thread-safety implica que el **código es seguro de ser utilizado por diferentes hilos de ejecución**, manteniendo la consistencia pretendida.

Sincronización

La **sincronización es necesaria** para los datos compartidos y asegurar la consistencia (**thread-safety**).

Existen requerimientos especiales, como:

- *los datos compartidos deben accederse de forma atómica*
- *un proceso puede "reservar" un dato para su uso*
- *las operaciones deben esperar si los datos están en un estado incorrecto*

La posibilidad de reservar recursos tambien también trae complicaciones....

Sincronización

```
operacionA()
reservar(dato1)
if disponible(dato2) then
        reservar(dato2)
else
        esperar(dato2)
...
```

```
operacionB()
reservar(dato2)
if disponible(dato1) then
        reservar(dato1)
else
        esperar(dato1)
...
```

operacionA() puede llegar a esperar para reservar un dato que ya está reservado por **operaciónB()**.

Lo mismo puede ocurrir para operacionB() ¡al mismo tiempo!

Esto se denomina **deadlock.**

Consideraciones

La **concurrencia** require especial atención en algunos aspectos:

- **Seguridad**: los procesos concurrentes pueden manipular equivocadamente datos compartidos.
- **Ciclo de vida**: un proceso puede “esperar eternamente” si no es manipulado correctamente.
- **No determinismo**: el mismo programa puede no devolver el mismo resultado al ejecutarse concurrentemente.
- **Tiempo de ejecución**: la coordinación, el cambio de contexto, y la sincronización, llevan tiempo.

Lenguajes de Programación

- Los lenguajes de programación deben proveer mecanismos para la ejecución concurrente de código:
  - Debe permitir especificar procesos concurrentes.
  - Debe permitir intercambiar información entre procesos.
  - Debe permitir mantener la consistencia entre procesos (safety)

Existen varias maneras de implementar concurrencia, entre ellas:

- **Corutinas**: operaciones explícitamente indicadas como concurrentes.
- **Fork / join**: clonación de procesos completos.
- **Cobegin / coend**: determinación de bloques de sentencias concurrentes.

Threads en Java

Java permite programación **multithread**.

Una operación de un objeto puede ejecutarse en threads diferentes, bajo memoria compartida.

Existen dos formas de obtener objetos con código concurrente:

- **Heredar de la clase Thread**
  Contra: tendrá todos los métodos de la clase Thread.
  Pro: probablemente sea la mejor abstracción: un objeto es un thread.
- **Implementar la interfaz Runnable para un objeto de tipo Thread**
  Pro: a veces heredar de Thread es impracticable.
  Contra: menos simple.

La operación concurrente se denomina **run()** y se comienza la ejecución del thread con **start()**.

Threads en Java

```
public class HolaMundo implements Runnable {

     public void run() {
         System.out.println("Hola!");
     }

    // uso de la clase
        public static void main(String args[]) {
          (new Thread(new HolaMundo())).start();
     }

}
```

Implementar la interfaz **Runnable**

Threads en Java

```
public class HolaMundo extends Thread {

    public void run() {
        System.out.println("Hola!");
    }

    // uso de la clase
       public static void main(String args[]) {
         (new HolaMundo()).start();
    }

}
```

Heredar de **Thread**

Clase Thread

La clase **Thread** posee varias operaciones estáticas que permiten manipular threads y conocer el estado de los mismos.

Por ejemplo, la ejecución de un **thread** puede pausarse por medio de la operación **Thread.sleep().**

Thread

```
public class BannerFrases {

public static void main(String args[]) throws InterruptedException {
        String frases[] = {
            "Cuanto cuesta un fin de semana gratis",
            "Solo queda una cerveza, y es de Bart",
            "A la grande le puse Cuca",
            "Lisa, mira detras de ti!"
        };

        for (int i = 0; i < importantInfo.length; i++) {
            Thread.sleep(4000);
            System.out.println(frases[i]);
        }
    }
}
```

Thread

La operación **`join()`** provoca una espera por la terminación de otro thread.

La invocación a la operación

```
t.join();
```

sobre un objeto t de tipo **`Thread`**, provoca que el **`thread`** actual (el que realiza la sentencia anterior) espere por la culminación del **`thread t`**.

Thread

```
Thread t = new Thread(new BuscadorTrackerTorrent());
t.start();
System.out.print("Waiting...");
while (t.isAlive()) {
   System.out.print("..");
   // Esperar 5 segundos como máximo
      t.join(5000);
      If t.isAlive() {
            System.out.print("Basta!");
            t.interrupt();
            ...
```

Sincronización de Operaciones

Cada objeto tiene asociado un **lock**, que permite restringir la concurrencia en porciones de código: **sólo un objeto puede acceder al lock al mismo tiempo, los demas deben esperar**.

Las operaciones declaradas como **synchronized** impiden la ejecución intercalada entre varios threads.

```
public synchronized void
tareaCompleja {
            operacionF();
            operacionG();
            operacionH():
}
```

Cuando un thread X ejecuta **tareaCompleja()**, los demás threads que han invocado esa operación esperan a que X finalice *(pues no tienen el lock)*

Sincronización de Operaciones

Cada objeto tiene asociado un **lock**, que permite restringir la concurrencia en porciones de código: **sólo un objeto puede acceder al lock al mismo tiempo, los demas deben esperar**.

Las operaciones declaradas como **synchronized** impiden la ejecución intercalada entre varios threads.

```
public synchronized void
tareaCompleja {
            operacionF();
            operacionG();
            operacionH():
}
```

Los métodos sincronizados previenen la interferencia entre threads y ayudan a controlar la consistencia.

Sin embargo, aún pueden existir problemas...

Sincronización de Operaciones

Podemos sincronizar también bloques de sentencias. Debemos indicar qué objeto provee el lock (usualmente this)

```
public void operacionCompleja()
{
    prepararEntorno()
    synchronized(this) {
          lastName = name;
          nameCount++;
    }
    limpiarEntorno();
}
```

Problemas:

```
synchronized(objA) {
  synchronized(objB) {
      hacerAlgo();
  }
}
```

```
synchronized(objB) {
  synchronized(objA) {
     hacerAlgo();
  }
}
```

Material Bibliográfico

- Meyer, B., *Object Oriented Software Construction*. ISE, Inc. 2nd Ed., 1997.

- Abadi, M., & Cardelli, L. A theory of objects. Springer Science & Business Media, 2012.

- Szyperski, C., Component Software: Beyond Object Oriented Programming. AddisonWesley, 2nd Ed., 2011

- Zamir, S., Ed., Handbook of Object Oriented Technology. CRC Press, 2000.

PRÓXIMA CLASE