

Tipos de datos

Disponemos del tipo entero para operaciones numéricas:

```
23
```

Un símbolo es representado como un string python:

```
'a'
```

Un multiconjunto se expresa como un set de símbolos (string) python, solo que permite elementos repetidos:

```
{'a', 'a', 'beta', 'b', 'beta'}
```

Una membrana se expresa como su identificador (un entero positivo) entre corchetes:

```
[1]
```

Un canal se expresa como su identificador (un entero positivo) entre signos de menor y mayor:

```
<1>
```

Operaciones básicas

Asignación

Enteros, símbolos y multiconjuntos se pueden almacenar en una variable mediante el operador de **asignación** (=):

```
entero = 42
alfa = 'alfa'
a = {alfa, 'a1', 'a2'}
```

Dicho operador también se puede emplear para definir el contenido de una membrana:

```
[1] = {'a1', 'a2'}
```

El contenido de una variable se puede emplear como identificador de una membrana o de un canal, siempre que dicho valor sea entero:

```
i = 12
[i] = {'a1', 'a2'}
```

Operaciones sobre enteros

Las operaciones sobre enteros son el **producto** (*), la **división entera** (/), la **suma** (+) y la **resta** (-):

```
8 * 2    # 16
9 / 2    # 4
2 + 8    # 10
8 - 2    # 6
```

Operaciones sobre símbolos

Al tratarse de strings, se pueden realizar las operaciones de concatenación (+) y el producto (*):

```
'a' + 1      # 'a1'
'a' + 'b'    # 'ab'
'ab' * 3     # 'ababab'
```

Cabe destacar que para símbolos el producto solo está definido con un entero por la derecha, cualquier alternativa devolverá un error.

```
'a' * 'a'      # Error
2 * 'a'        # Error
```

Operaciones sobre multiconjuntos

Sobre multiconjuntos tenemos definida la unión (`|`), la concatenación (`+`), la intersección (`&`), la diferencia (`-`) y el producto (`*`);

```
{'a', 'b'} | {'b', 'b'}      # {'a', 'b', 'b'}
{'a', 'b'} + {'b', 'b'}     # {'a', 'b', 'b', 'b'}
{'a', 'b'} & {'a', 'a'}     # {'a'}
{'a', 'a', 'b'} - {'a', 'c'} # {'a', 'b'}
{'a', 'b'} * 2              # {'a', 'a', 'b', 'b'}
```

Entrada y salida

Para especificar las membranas de entrada y salida se utilizan los operadores `input` y `output` .

```
input([0])
output([3])
```

Canales

Para especificar una sinapsis perteneciente a un canal, se emplea la siguiente sintaxis:

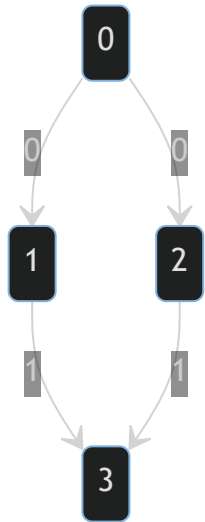
```
<canal> [membrana origen] --> [membrana destino]
```

Por ejemplo:

```
<0> [0] --> [1]
<0> [0] --> [2]

<1> [1] --> [3]
<1> [2] --> [3]
```

Obteniendo el siguiente grafo:



Producciones

Una producción se especifica mediante la siguiente sintaxis:

```
[membrana] regex / {multiset} --> {multiset} <canal>, {multiset} <canal>, ...
```

Por ejemplo:

```
[0] ('a' 'a' 'b'*)+ / {'a', 'b'} --> {'a', 'a'} <0>, {'b'} <1>
```

De modo que si en la membrana 0 se encuentra un multiset que se ajuste a la expresión regular $(aab^*)^+$, se elimina un símbolo a y un símbolo b de la membrana 0 y se envían 2 símbolos a por el canal 0 y un símbolo b por el canal 1.

Ejemplo

A continuación vamos a definir un Spiking Neural P-System sencillo para mostrar como se implementaría un modelo, tomaremos como problema a resolver una versión simplificada del famoso test Fizz Buzz, nuestro

objetivo será contar cuantos números del 1 al 100 son múltiplos de 3 y cuantos múltiplos de 5, para ello definimos el siguiente modelo:

```
input([0])
output([4])
```

```
[0] = {'a'} * 100
```

```
<0> [0] --> [1]
<1> [1] --> [2]
<2> [1] --> [3]
<0> [2] --> [4]
<0> [3] --> [4]
```

```
[0] 'a'+ / {'a'} --> {'a', 'b', 'c'} <0>
```

```
[1] 'b'('a' 'a' 'a')+ / {'b'} --> {'a'} <1>
[1] 'c'('a' 'a' 'a' 'a' 'a')+ / {'c'} --> {'a'} <2>
```

```
[2] 'a' / {'a'} --> {'fizz'} <0>
[3] 'a' / {'a'} --> {'buzz'} <0>
```

En este caso se está asumiendo máximo paralelismo e instantes de tiempo discretos (es decir, se aplican una vez todas las reglas disponibles en un instante de tiempo, antes de avanzar al siguiente).

También cabe destacar que se ha complicado arbitrariamente la solución para mostrar el funcionamiento de los canales.

Al acabar el programa, solo debemos contar el número de símbolos *fizz* y el de *buzz* para obtener el número de múltiplos de 3 y de 5 respectivamente.