+TADs & Testing Estructural o Caja Blanca

Introducción a la Programación

Tipos Abstractos de Datos

Repasando

Un Tipo Abstracto de Datos (TAD) es un modelo que define valores y las operaciones que se pueden realizan sobre ellos.

- Se denomina abstracto ya que la intención es que quien lo utiliza, no necesita conocer los detalles de la representación interna o bien el cómo están implementadas sus operaciones.

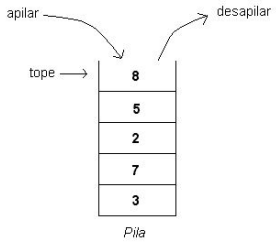
El tipo lista que estuvimos viendo es un TAD:

- Se define como una serie de elementos consecutivos
- Tiene diferentes operaciones asociadas: append, remove, etc
- Desconocemos cómo se usa/guarda la información almacenada dentro del tipo

Pila

Una pila es una lista de elementos de la cual se puede extraer el último elemento insertado.

- También se conocen como listas LIFO (Last In - First Out / el último que entra es el primero que sale)
- Operaciones básicas
  - apilar: ingresa un elemento a la pila
  - desapilar: saca el último elemento insertado
  - tope: devuelve (sin sacar) el ultimo elemento insertado
  - vacia: retorna verdadero si está vacía



Pila

- En Python, el tipo lista provee los métodos necesarios para poder usar una lista como una pila
- También, podemos importar el módulo LifoQueue que nos da una implementación de Pila

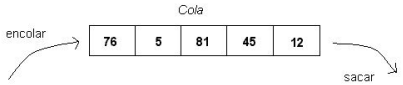
```
from queue import LifoQueue
pila = LifoQueue()
```

- Operaciones implementadas en el tipo:
  - apilar: ingresa un elemento a la cola
    - put
  - desapilar: devuelve y quita el último elemento insertado
    - get
  - tope: devuelve (sin sacar) el ultimo elemento insertado
    - No está implementado
  - vacia: retorna verdadero si está vacía
    - empty

Cola

Una cola es una lista de elementos en donde siempre se insertan nuevos elementos al final de la lista y se extraen elementos desde el inicio de la lista.

- También se conocen como listas FIFO (First In - First Out / el primero que entra es el primero que sale)
- Operaciones básicas
  - encolar: ingresa un elemento a la cola
  - sacar: saca el primer elemento insertado
  - vacia: retorna verdadero si está vacía



Cola

- En Python, el tipo lista provee los métodos necesarios para poder usar una lista como una cola
- También, podemos importar el módulo Queue que nos da una implementación de Cola

```
from queue import Queue
cola = Queue()
```

- Operaciones implementadas en el tipo:
  - encolar: ingresa un elemento a la cola
    - put
  - desencolar: saca el primer elemento insertado
    - get
  - vacia: retorna verdadero si está vacía
    - empty

Diccionario

Un diccionario es una estructura de datos que permite almacenar y organizar pares clave-valor.

- Las claves deben ser inmutables (como cadenas de texto, números, etc), mientras que los valores pueden ser de cualquier tipo de dato.
- La clave actúa como un identificador único para acceder a su valor correspondiente.
- Los diccionarios son mutables, lo que significa que se pueden modificar agregando, eliminando o actualizando elementos.
- No ordenados: Los elementos dentro de un diccionario no tienen un orden específico. No se garantiza que se mantenga el orden de inserción de los elementos.

diccionario = clave1:valor2, clave2:valor2, clave3:valor3

- Operaciones basicas de un diccionario:
  - Agregar un nuevo par Clave-Valor
  - Eliminar un elemento
  - Modificar el valor de un elemento
  - Verificar si existe una clave guardada
  - Obtener todas las claves
  - Obtener todas los elementos

Diccionario

Un diccionario es una estructura de datos que permite almacenar y organizar pares clave-valor.

- El valor puede ser cualquier tipo de dato, en particular podría ser otro diccionario

```
infoPaisFrancia = {'Capital':'París',
                   'Campeonatos de Mundo':2}

infoPaisArgentina = {'Capital':'Buenos Aires',
                     'Campeonatos de Mundo':3}

infoPaisChile = {'Capital':'Santiago',
                 'Campeonatos de Mundo':0}

infoPaises = {'Chile': infoPaisChile ,
              'Argentina': infoPaisArgentina,
              'Francia':infoPaisFrancia}
```

Manejo de Archivos

El manejo de archivos, también puede pensarse mediante la abstracción que nos brindan los TADs

- Necesitamos una operación que nos permita abrir un archivo
- Necesitamos una operación que nos permita leer sus lineas
- Necesitamos una operación que nos permita cerrar un archivo

```
# Abrir un archivo en modo lectura
archivo = open("archivo.txt", "r")

# Leer el contenido del archivo
contenido = archivo.read()
print(contenido)

# Cerrar el archivo
archivo.close()
```


Manejo de Archivos

archivo = open("PATH AL ARCHIVO", MODO, ENCODING)

- Algunos de los modos posibles son: escritura (w), lectura (r), texto (t - es el default)
- El encoding se refiere a como está codificado el archivo: UTF-8 o ASCII son los más frecuentes.

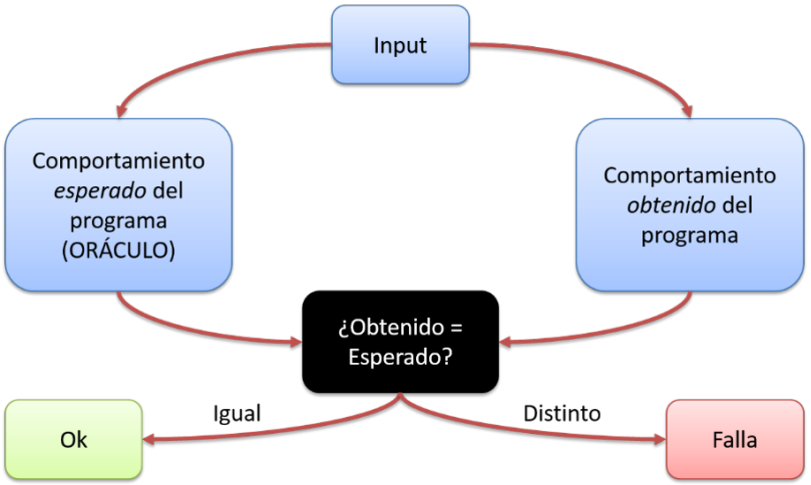
Operaciones básicas

- Lectura de contenido:
  - read(size): Lee y devuelve una cantidad específica de caracteres o bytes del archivo. Si no se especifica el tamaño, se lee el contenido completo.
  - readline(): Lee y devuelve la siguiente línea del archivo.
  - readlines(): Lee todas las líneas del archivo y las devuelve como una lista.
- Escritura de contenido:
  - write(texto): Escribe un texto en el archivo en la posición actual del puntero. Si el archivo ya contiene contenido, se sobrescribe.
  - writelines(lineas): Escribe una lista de líneas en el archivo. Cada línea debe terminar con un salto de línea explícito.

¿Podremos implementar este problema?

problema *invertirTexto*(in archivoOrigen: string, in archivoDestino: string) : {
  requiere: {El archivo nombreArchivo debe existir.}
  asegura: {Se crea un archivo llamado archivoDestino cuyo contenido será el resultado de hacer un reverse en cada una de sus filas}
  asegura: {Si el archivo archivoDestino existia, se borrará todo su contenido anterior}
}

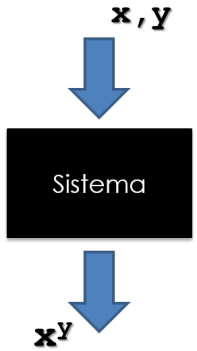
¿Cómo se hace testing?



Criterios de **caja negra** o funcionales

- Los datos de test se derivan a partir de la descripción del programa sin conocer su implementación.

problema *fastexp*($x : \mathbb{Z}, y : \mathbb{Z}$) : $\mathbb{Z}${
  requiere: $\{(0 < x \wedge 0 \leq y)\}$
  asegura: $\{res = x^y)\}$
}



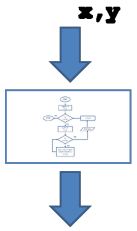
Criterios de **caja blanca** o estructurales

- Los datos de test se derivan a partir de la estructura interna del programa.

```
def fastexp(x: int, y: int) → int:
    z: int = 1
    while(y != 0):
        if(esImpar(y)):
            z = z * x
            y = y - 1

        x = x * x
        y = y / 2

    return z
```



¿Qué pasa si y es potencia de 2?
¿Qué pasa si y = 2n -1?

Criterios de **caja blanca** o estructurales

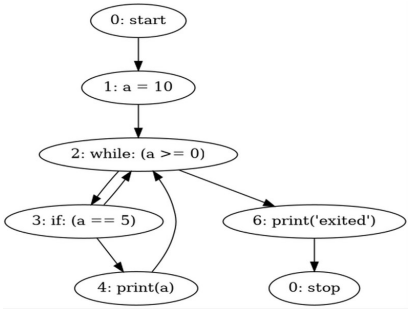
Los criterios de caja blanca permiten identificar casos especiales según el flujo de control de la aplicación.

- Ver que sucede si entra o no en un IF
- Ver que sucede si entra o no a un ciclo
- Etc

Pero tiene una tremenda dificultad: determinar el resultado esperado de un programa sin una especificación no es para nada trivial.
Por este motivo, el test de caja blanca se suele utilizar como:

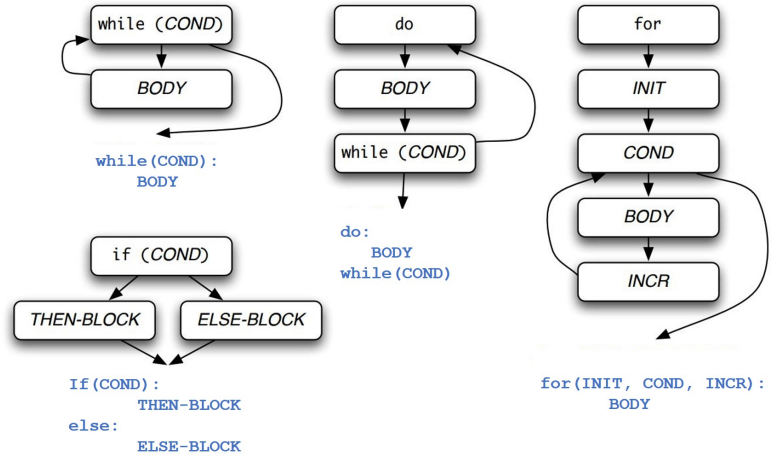
- **Complemento al Test de Caja Negra**: permite encontrar más casos o definir casos más específicos
- Como **criterio de adecuación** del Test de Caja Negra: brinda herramientas que nos ayudar a determinar cuan bueno o confiable resultaron ser los test suites definidos.
  - En este contexto hablaremos de **Criterios de Cubrimiento**

Control-Flow Graph



- El control flow graph (CFG) de un programa es sólo una **representación gráfica del programa**.
- El CFG es independiente de las entradas (su definición es estática)
- Se usa (entre otras cosas) para definir criterios de adecuación para test suites.
- Cuanto más *partes* son ejercitadas (cubiertas), mayores las chances de un test de descubrir una falla
- *partes* pueden ser: nodos, arcos, caminos, decisiones...

Control Flow Patterns



Ejemplo #1

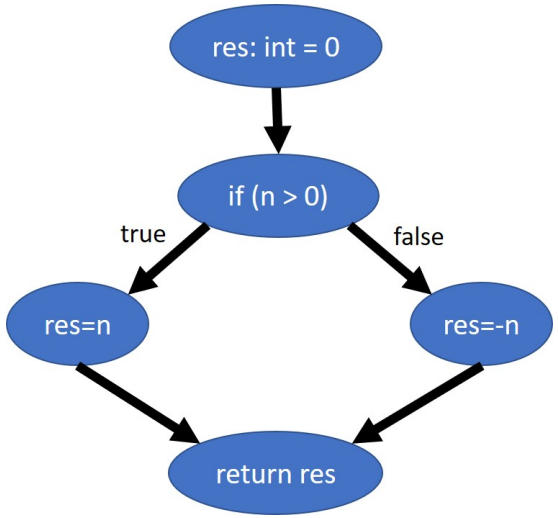
problema *valorAbsoluto*(in $x : \mathbb{Z}$) : $\mathbb{Z}${
  requiere: $\{True\}$
  asegura: $\{res = \|x\|\}$
}

```
def valorAbsoluto(n: int) → int:
  res: int = 0

  if( n > 0 ):
    res = n
  else:
    res = -n

return res
```


CFG de valorAbsoluto



Ejemplo #2

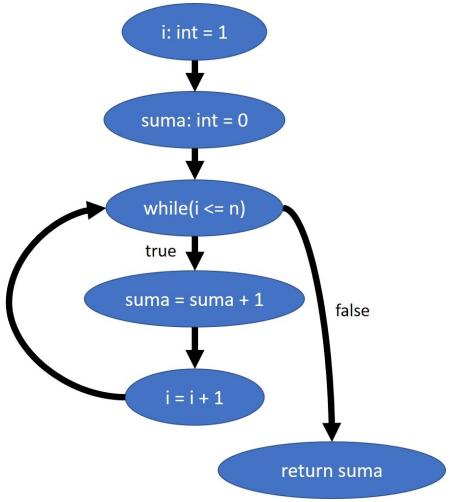
problema *sumar*(in $n : \mathbb{Z}$) : $\mathbb{Z}${
  requiere: $\{n \geq 0\}$
  asegura: $\{res = \sum_{i=1}^{n} i\}$
}

```
def sumar(n: int) → int:
  i:int = 1
  suma:int = 0

  while( i ≤ n ):
    suma = suma + i
    i = i + 1

  return suma
```

CFG de sumar



Ejemplo #3

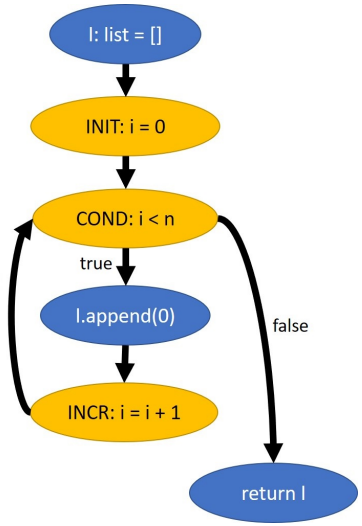
problema *crearListaN*(in $n : \mathbb{Z}$) : $seq\langle\mathbb{Z}\rangle$ {
  requiere: $\{n \geq 0\}$
  asegura: $\{|res| = n \land \#apariciones(res, 0) = n\}$
}

```
def crearListN(int n) → list:
  l: list = []

  for i in range(0, n, 1):
    l.append(0)

  return l
```


CFG de crearListaN



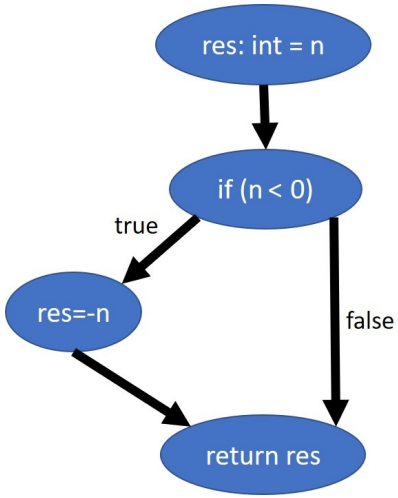
Ejemplo #4

```
def valorAbsoluto(n: int) → int:
  res: int = n

  if( n < 0 ):
    res = -n

  return res
```

CFG de valorAbsoluto



Criterios de Adecuación

- ¿Cómo sabemos que un *test suite* es *suficientemente bueno*?
- Un criterio de adecuación de test es un predicado que toma un valor de verdad para una tupla $<$*programa*, *test suite*$>$
- Usualmente expresado en forma de una regla del estilo:
  todas las sentencias deben ser ejecutadas

Cubrimiento de Sentencias

- Criterio de Adecuación: cada nodo (sentencia) en el CFG debe ser ejecutado al menos una vez por algún test case.
- Idea: un defecto en un sentencia sólo puede ser revelado ejecutando el defecto.
- Cobertura:

$$\frac{\textit{cantidad nodos ejercitados}}{\textit{cantidad nodos}}$$

Cubrimiento de Arcos

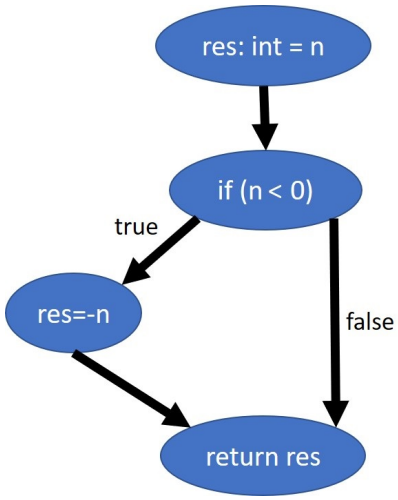
- Criterio de Adecuación: todo arco en el CFG debe ser ejecutado al menos una vez por algún test case.
- Si recorremos todos los arcos, entonces recorremos todos los nodos. Por lo tanto, el cubrimiento de arcos incluye al cubrimiento de sentencias.
- Cobertura:

$$\frac{\textit{cantidad arcos ejercitados}}{\textit{cantidad arcos}}$$

- El cubrimiento de sentencias (nodos) no incluye al cubrimiento de arcos. ¿Por qué?

Cubrimiento de Nodos no incluye cubrimiento de Arcos

Sea el siguiente CFG:



En este ejemplo, puedo construir un test suite que cubra todos los nodos pero que no cubra todos los arcos.

Cubrimiento de Decisiones (o Branches)

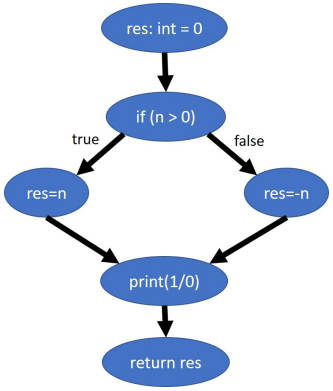
- Criterio de Adecuación: cada decisión (arco True o arco False) en el CFG debe ser ejecutado.
- Por cada arco **True** o arco **False**, debe haber al menos un test case que lo ejercite.
- Cobertura:

$$\frac{\textit{cantidad decisiones ejercitadas}}{\textit{cantidad decisiones}}$$

- El cubrimiento de decisiones **no implica** el cubrimiento de los arcos del CFG. ¿Por qué?

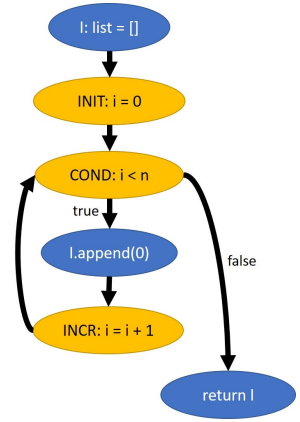
Cubrimiento de Branches no incluye cubrimiento de Arcos

Sea el siguiente CFG:



En este ejemplo, puedo construir un test suite que cubra todos los branches pero que no cubra todos los arcos.

CFG de crearListaN



- ¿Cuántos nodos (sentencias) hay? 6
- ¿Cuántos arcos (flechas) hay? 6
- ¿Cuántas decisiones (arcos True y arcos False) hay? 2

Cubrimiento de Condiciones Básicas

- Una condición básica es una fórmula atómica (i.e. no divisible) que componen una decisión.
  - Ejemplo: `(digitHigh==1 || digitLow==-1) && len>0`
  - Condiciones básicas:
    - `digitHigh==1`
    - `digitLow==-1`
    - `len>0`
  - No es condición básica: `(digitHigh==1 || digitLow==-1)`
- Criterio de Adecuación: cada condición básica de cada decisión en el CFG debe ser evaluada a verdadero y a falso al menos una vez
- Cobertura:

$$\frac{\textit{cantidad de valores evaluados en cada condición}}{2 \times \textit{cantidad condiciones basicas}}$$

Cubrimiento de Condiciones Básicas

- Sea una única decisión:
  `(digitHigh==1 || digitLow==-1) && len>0`
- Y el siguiente test case:

Entrada	digitHigh==1?	digitLow==-1?	len>0?
digitHigh=1, digitLow=0 len=1,	True	False	True

- ¿Cuál es el cubrimiento de condiciones básicas?

$$C_{\text{cond.básicas}} = \frac{3}{2 \times 3} = \frac{3}{6} = 50\,\%$$

Cubrimiento de Condiciones Básicas

- Sea una única decisión:
  `(digitHigh==1 || digitLow==-1) && len>0`
- Y el siguiente test case:

Entrada	digitHigh==1?	digitLow==-1?	len>0?
digitHigh=1, digitLow=0 len=1,	True	False	True
digitHigh=0, digitLow=-1 len=0,	False	True	False

- ¿Cuál es el cubrimiento de condiciones básicas?

$$C_{\text{cond.básicas}} = \frac{6}{2 \times 3} = \frac{6}{6} = 100\,\%$$

Cubrimiento de Branches y Condiciones Básicas

- **Observación** Branch coverage no implica cubrimiento de Condiciones Básicas
  - Ejemplo: **if(a && b)**
  - Un test suite que ejercita solo $a = \textit{true}, b = \textit{true}$ y $a = \textit{false}, b = \textit{true}$ logra cubrir ambos branches de **if(a && b)**
  - Pero: no alcanza cubrimiento de decisiones básica ya que falta $b = \textit{false}$
- El criterio de cubrimiento de Branches y condiciones básicas necesita 100 % de cobertura de branches y 100 % de cobertura de condiciones básicas
- Para ser aprobado, todo software que controla un avión necesita ser testeado con cubrimiento de branches y condiciones básicas (RTCA/DO-178B y EUROCAE ED-12B).

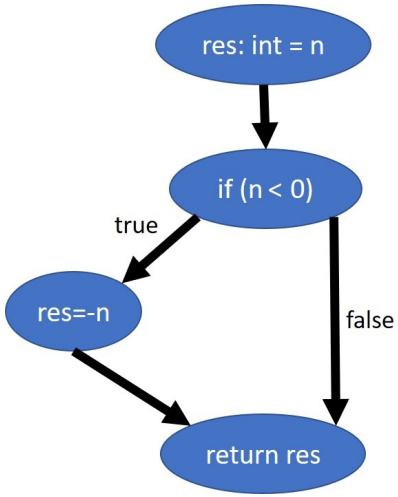
Cubrimiento de Caminos

- Criterio de Adecuación: cada camino en el CFG debe ser transitado por al menos un test case.
- Cobertura:

$$\frac{\textit{cantidad caminos transitados}}{\textit{cantidad total de caminos}}$$

Caminos para el CFG de valorAbsoluto

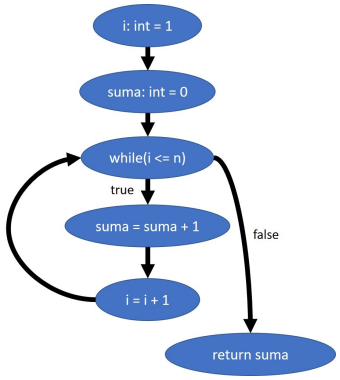
Sea el siguiente CFG:



¿Cuántos caminos hay en este CFG? 2

Caminos para el CFG de sumar

Sea el siguiente CFG:



¿Cuántos caminos hay en este CFG? La cantidad de caminos no está acotada (∞)

Recap: Criterios de Adecuación Estructurales

- En todos estos criterios se usa el CFG para obtener una métrica del test suite
- **Sentencias**: cubrir todas los nodos del CFG.
- **Arcos**: cubrir todos los arcos del CFG.
- **Decisiones (Branches)**: Por cada `if`, `while`, `for`, etc., la guarda fue evaluada a verdadero y a falso.
- **Condiciones Básicas**: Por cada componente básico de una guarda, este fue evaluado a verdadero y a falso.
- **Caminos**: cubrir todos los caminos del CFG. Como no está acotado o es muy grande, se usa muy poco en la práctica.

esPrimo()

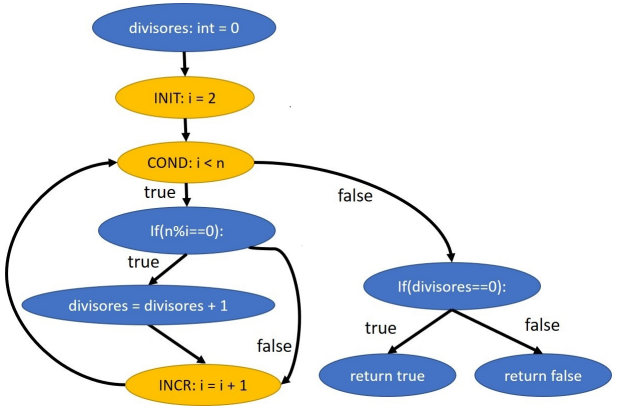
Sea la siguiente implementación que decide si un número $n > 1$ es primo:

```
def esPrimo(n : int) → bool:
    divisores: int = 0
    for i in range(2, n, 1):
        if (n % i == 0 ):
            divisores = divisores + 1

    if (divisores == 0):
        return true
    else:
        return false
```

Graficar el CFG de la función `esPrimo()`.

esPrimo()



Cubrimientos

Sea el siguiente test suite para esPrimo():

- Test Case #1: valorPar
  - Entrada: $n = 2$
  - Salida esperada: *result* = *true*
- Test Case #2: valorImpar
  - Entrada: $n = 3$
  - Salida esperada: *result* = *true*
- ¿Cuál es el cubrimiento de sentencias (nodos) del test suite?

$$Cov_{sentencias} = \frac{7}{9} \sim 77\,\%$$

- ¿Cuál es el cubrimiento de decisiones (brances) del test suite?

$$Cov_{branches} = \frac{4}{6} \sim 66\,\%$$

Cubrimientos

Sea el siguiente test suite para esPrimo():

- Test Case #1: valorPrimo
  - Entrada: $n = 3$
  - Salida esperada: *result* = *true*
- Test Case #2: valorNoPrimo
  - Entrada: $n = 4$
  - Salida esperada: *result* = *false*
- ¿Cuál es el cubrimiento de sentencias (nodos) del test suite?

$$Cov_{sentencias} = \frac{9}{9} = 100\,\%$$

- ¿Cuál es el cubrimiento de decisiones (brances) del test suite?

$$Cov_{branches} = \frac{6}{6} = 100\,\%$$

Discusión

- ¿Puede haber partes (nodos, arcos, branches) del programa que no sean alcanzables con **ninguna** entrada válida (i.e. que cumplan la precondición)?
- ¿Qué pasa en esos casos con las métricas de cubrimiento?
- Existen esos casos (por ejemplo: código defensivo o código que sólo se activa ante la presencia de un estado inválido)
- El 100 % de cubrimiento suele ser no factible, por eso es una medida para analizar con cuidad y estimar en función al proyecto (ejemplo: 70 %, 80 %, etc.)