Departamento de
Informática e Ingeniería
de Sistemas
Universidad Zaragoza
1542

Práctica 5

Tecnología de Programación
Grado en Ingeniería Informática

Objetivos

- Practicar las técnicas básicas de definición de funciones en un lenguaje funcional.
- Diseñar funciones de forma recursiva para el tratamiento de listas.
- Conocer las funciones de orden superior básicas para tratamiento de listas.

Tarea
Diseña e implementa en Haskell las funciones que se piden a lo largo de la práctica.

1. Gráficos de Tortuga

El sistema denominado de **Gráficos de Tortuga** es un entorno programable de dibujo vectorial, popularizado por el lenguaje de programación Logo, que permite generar gráficos 2D basados en líneas poligonales mediante el desplazamiento de un cursor, la *tortuga* de Logo.

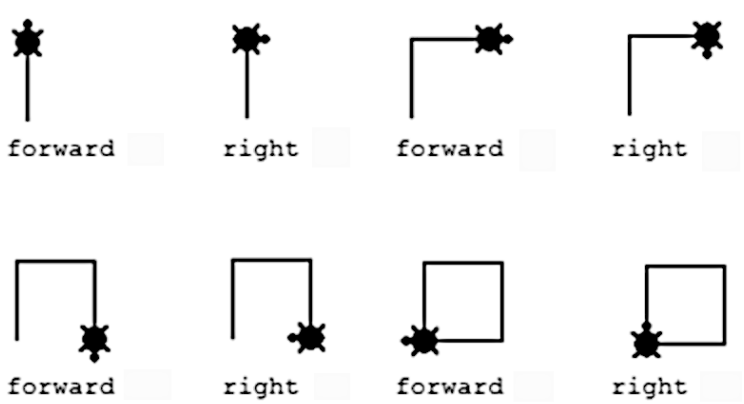
La **tortuga** se define mediante una posición y una orientación en el plano:

- la **posición** se define mediante un punto con dos coordenadas cartesianas (x, y).
- la **orientación** se define mediante un ángulo en grados medido desde el eje X en sentido anti–horario (el convenio habitual).

La tortuga puede moverse para trazar líneas, controlada mediante órdenes sencillas:

- **moverse** hacia adelante, en la dirección que indica la orientación de la tortuga, una distancia predeterminada (*paso*), trazando una línea.
- **girar** la orientación de la tortuga hacia la derecha o la izquierda un valor predertminado (*giro*).

Por ejemplo, para dibujar un cuadrado, una vez fijados el paso (1 unidad), el ángulo de giro (90^o en este caso), la posición inicial de la tortuga (el punto $(0, 0)$) y su orientación inicial (90^o, vertical hacia arriba), el proceso sería el siguiente:



En el entorno de programación del lenguaje Logo el dibujo se hace directamente sobre una ventana, escribiendo un programa que controla la tortuga mediante órdenes del lenguaje. En esta práctica, para simplificar, generaremos una línea poligonal que se puede escribir en un fichero con formato SVG, que puedes visualizar abriéndolo con tu navegador.

El programa que controlará la tortuga se define mediante órdenes que serán simplemente caracteres en una cadena. Partiendo de un estado inicial de la tortuga, y con un paso y un giro fijados, cada carácter se interpreta como un comando para la tortuga que genera un nuevo estado (diferente posición u orientación) de la tortuga:

- `'>'`: avanza la tortuga hacia delante
- `'+'`: gira la tortuga hacia la derecha (sentido horario)
- `'-'`: gira la tortuga hacia la izquierda (sentido anti–horario)

En el módulo `Turtle.hs` puedes ver las definiciones de los tipos de datos y funciones que te damos para manejar la tortuga. Una tortuga (`Turtle`) se define mediante una tupla que contiene la información del paso de avance y del ángulo de giro (en grados) predefinidos, y la posición y orientación actuales.

Para generar el gráfico, puedes escribir una lista de datos de tipo `Position` en un fichero SVG mediante la funcion `'savesvg "nombre" puntos'`, definida en el módulo `SVG.hs`.

De esa forma, para dibujar el cuadrado del ejemplo, la información a utilizar sería la siguiente:

- Definición inicial de la tortuga: `(1, 90, (0,0), 90)`
- Secuencia de comandos: `">+>+>+>+"`

Tarea

Implementa una función Haskell llamada `'tplot'` que, a partir del estado incial de la tortuga, genere la lista de puntos que corresponde al gráfico generado por una secuencia de comandos almacenados en una cadena:

```
tplot :: Turtle -> String -> [Position]
```

Utilizala para generar distintas figuras geométricas (triángulo, cuadrado, círculo) y grábalas en formato SVG mediante las funciones dadas:

```
figura = tplot (1,90,(0,0),90) ">+>+>+>+"
savesvg "cuadrado" figura
```

Nota importante: No debes modificar los ficheros `Turtle.hs` o `SVG.hs`, bajo ninguna circunstancia.

2. Sistemas de Lindenmayer

Los **Sistemas de Lindenmayer** o **L–Systems** son gramáticas formales que, mediante ciertas reglas de re–escritura, se utilizan para modelar de forma recursiva la forma de elementos naturales, como plantas o copos de nieve, mediante un sistema de gráficos de tortuga.

Un L–System añade al alfabeto de símbolos de la tortuga (`'>','+','-'`), otros símbolos nuevos que pueden ser letras mayúsculas o minúsculas. El sistema parte de un cadena inicial (*axioma*), que puede re–escribirse reemplazando cada una de las letras por una nueva cadena de símbolos. La cadena que sustituye a cada símbolo se define mediante una serie de reglas de re–escritura. Ese proceso se repite un número determinado de veces, generando una cadena final, que se interpreta para generar la geometría.

Una regla de re–escritura especifica como se sustituye cada símbolo, por ejemplo:

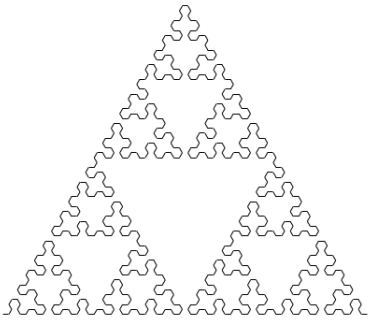
$$F \rightarrow F+F+F+F$$

Los símbolos para los que no se defina una regla se conservan sin cambios. Normalmente los símbolos originales de control de la tortuga no se reescriben. La interpretación final de los símbolos es la siguiente:

- `'>','+','-'`: igual que antes.
- letra mayúscula: avanza la tortuga, similar a `'>'`.
- letra minúscula: se ignora a la hora de dibujar, sólo se utiliza en el proceso de reescritura.

A partir de un axioma inicial y una serie de reglas podemos obtener la definición de nuestro gráfco repitiendo la aplicación de las reglas. En cada repetición se sustituye cada símbolo de la cadena de partida según la regla correspondiente (en el caso de que exista, en caso contrario se conserva sin cambios):

Reglas:	F → G-F-G
	G → F+G+F
Axioma:	F
Distancia:	1
Angulo:	60 grados



Tarea

Utilizando el lenguaje Haskell, implementaremos la definición de las reglas de re–escritura mediante una función con el siguiente interfaz:

```
rules :: Char -> String
```

que devuelve la cadena que reemplaza a cada símbolo. Esta función será distinta para cada figura geométrica.

Implementa la función `'lsystem'`, que a partir de la función anterior que define las reglas de re-escritura, el axioma inicial y el número de veces que tenemos que aplicarlas, devuelve la cadena resultante:

```
lsystem :: (Char -> String) -> String -> Int -> String
```

Por ejemplo:

```
rulesArrowhead :: Char -> String
-- 'F' -> "G-F-G"
-- 'G' -> "F+G+F"
-- otros ?

> lsystem rulesArrowhead "F" 0
"F"
> lsystem rulesArrowhead "F" 1
"G-F-G"
> lsystem rulesArrowhead "F" 2
"F+G+F-G-F-G-F+G+F"
> lsystem rulesArrowhead "F" 3
"G-F-G+F+G+F+G-F-G-F+G+F-G-F-G-F+G+F-G-F-G+F+G+F+G-F-G"
```

Implementa diversas versiones de la función `'rules'`, que definan distintos L-Systems. En el Apéndice tienes la definición de algunos sistemas conocidos, y puedes encontrar muchas otras en Internet.

Nota importante: No debes modificar los ficheros `Turtle.hs` o `SVG.hs`, bajo ninguna circunstancia.

Entrega

Deberás entregar todos los ficheros de código fuente que hayas necesitado para resolver el problema, incluyendo el programa principal `main.hs`.

La solución deberá ser compilable y ejecutable con los ficheros que has entregado mediante los siguientes comandos:

```
ghc --make main.hs
./main
```

En caso de no compilar siguiendo estas instrucciones, el resultado de la evaluación de la práctica será de 0. No se deben utilizar paquetes ni librerías ni ninguna infraestructura adicional fuera de las librerías estándar del propio lenguaje.
Todos los archivos de código fuente solicitados en este guión deberán ser comprimidos en un único archivo `zip` con el siguiente nombre:

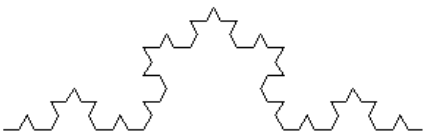
- `practica5_<nip1>_<nip2>.zip` (donde `<nip1>` y `<nip2>` son los NIPs de los estudiantes involucrados) si el trabajo ha sido realizado por parejas. En este caso sólo uno de los dos estudiantes deberá hacer la entrega.
- `practica5_<nip>.zip` (donde `<nip>` es el NIP del estudiante involucrado) si el trabajo ha sido realizado de forma individual.

El archivo comprimido a entregar no debe contener ningún fichero aparte de los fuentes que te pedimos: ningún fichero ejecutable o de objeto, ni ningún otro fichero adicional. La entrega se hará en la tarea correspondiente a través de la plataforma Moodle:
`http://moodle.unizar.es`

Apéndice: Definición de diversos L–Systems

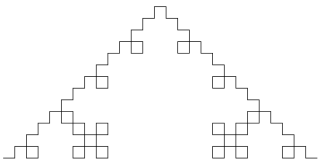
Curva de Koch

Reglas:	F $\rightarrow$ F+F--F+F
Axioma:	F
Distancia:	1
Angulo:	60 grados



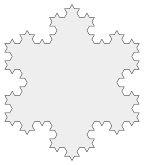
Curva de Koch cuadrada

Reglas:	F $\rightarrow$ F+F-F-F+F
Axioma:	F
Distancia:	1
Angulo:	90 grados



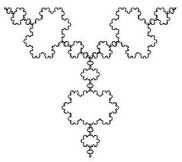
Koch Snowflake

Reglas:	F $\rightarrow$ F-F++F-F
Axioma:	F++F++F
Distancia:	1
Angulo:	60 grados



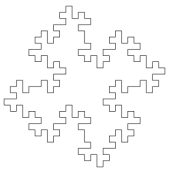
Koch Anti–Snowflake

Reglas:	F $\rightarrow$ F+F--F+F
Axioma:	F++F++F
Distancia:	1
Angulo:	60 grados



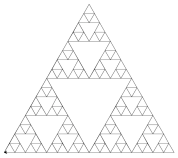
Isla de Minkowski

Reglas:	`F` $\rightarrow$ `F+F-F-FF+F+F-F`
Axioma:	`F+F+F+F`
Distancia:	1
Angulo:	90 grados



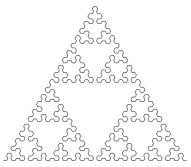
Triángulo de Sierpinsky

Reglas:	`F` $\rightarrow$ `F-G+F+G-F`
	`G` $\rightarrow$ `GG`
Axioma:	`F-G-G`
Distancia:	1
Angulo:	120 grados



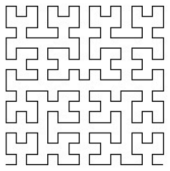
Sierpinsky Arrowhead

Reglas:	`F` $\rightarrow$ `G-F-G`
	`G` $\rightarrow$ `F+G+F`
Axioma:	`F`
Distancia:	1
Angulo:	60 grados



Curva de Hilbert

Reglas:	`f` $\rightarrow$ `-g>+f>f+>g-`
	`g` $\rightarrow$ `+f>-g>g->f+`
Axioma:	`f`
Distancia:	1
Angulo:	90 grados



Curva de Gosper

Reglas:	`F` $\rightarrow$ `F-G--G+F++FF+G-`
	`G` $\rightarrow$ `+F-GG--G-F++F+G`
Axioma:	`F`
Distancia:	1
Angulo:	60 grados