

Ejercicio 1. Instale el Alloy Analyzer.

Ejercicio 2. Estudie los capítulos 1 al 4 de “Software Abstractions: Logic, Language and Analysis” (D. Jackson 2006).

Ejercicio 3. Complete el modelo de memorias con cache con operaciones para “flushing” y “loading”. Usando el Alloy Analyzer, verifique que las cuatro operaciones fundamentales del modelo preservan la consistencia del sistema de memoria. La propiedad de consistencia está especificada en el siguiente predicado:

```
pred Consistent [s:System] {  
    s.cache.map - (s.cache.dirty -> Data) in s.main.map  
}
```

Ejercicio 4. Modele grafos dirigidos y algunas de sus operaciones en Alloy. Utilice predicados para especificar que:

- (a) el grafo es acíclico,
- (b) el grafo es no dirigido,
- (c) el grafo es fuertemente conexo,
- (d) el grafo es conexo,
- (e) el grafo contiene una componente fuertemente conexa,
- (f) el grafo contiene una componente conexa,

Ejercicio 5. Modele relaciones binarias en Alloy. Utilizando predicados, especifique que una relación es:

- (a) un preorden,
- (b) un orden parcial,
- (c) un orden total,
- (d) un orden estricto,
- (e) que tiene primer elemento,
- (f) que tiene último elemento.

Escriba aserciones para las siguientes propiedades:

- todo orden parcial es total;
- todo orden parcial tiene primer elemento;
- todo orden total con primer elemento x y último elemento y satisface $x \neq y$;
- la unión de órdenes estrictos es un orden estricto;
- la composición de órdenes estrictos es un orden estricto.

Analice estas propiedades usando el Alloy Analyzer.

Ejercicio 6. Modele sistemas de transiciones etiquetadas **LTS** usando Alloy y modele relaciones sobre los estados de los sistemas de transiciones etiquetados.

Describe un hecho que asegure que todos los estados de un **LTS** son alcanzables desde su estado inicial.

Defina predicados sobre relaciones que aseguren que una relación es:

- (a) una simulación,
- (b) una bisimulación,
- (c) una bisimulación débil.

Defina aserciones que verifiquen que:

- para todo **LTS**, toda bisimulación sobre el **LTS** es una simulación sobre el mismo **LTS**;
- para todo **LTS**, toda bisimulación sobre el **LTS** es una bisimulación débil sobre el mismo **LTS**;
- para todo **LTS**, la composición de dos (bi)simulaciones (débiles) sobre el **LTS** es también una (bi)simulación (débil) sobre el mismo **LTS**.

Analice estas propiedades usando el Alloy Analyzer.

Ejercicio 7. Se desea modelar en Alloy la manipulación de catálogos de música. Estos catálogos contienen canciones, interpretes y el listado de canciones interpretadas. Esta estructura podría modelarse de la siguiente manera:

```
sig Interprete {}

sig Cancion {}

sig Catalogo {
    canciones: set Cancion,
    interpretes: set Interprete,
    interpretaciones: canciones -> interpretes
}{
    ...
}
```

Se dice que un catálogo es consistente si todas las canciones del catálogo están registradas por algún interprete y todo intérprete del catálogo tiene registrada alguna canción. Complete los tres puntitos de la definición de **Catalogo** para que asegure consistencia.

Defina además lo siguiente:

- (a) Un predicado que dado un catálogo y una canción con su interprete, devuelva un nuevo catálogo igual al primero pero con esa interpretación agragada.
- (b) Un predicado que dado un catálogo y una canción con su interprete, devuelva un nuevo catálogo igual al primero pero eliminando esa interpretación.
- (c) Una función que, dado un catálogo, devuelva los pares de interpretes que interpretan la misma canción.

Haga el mejor uso posible del cálculo relacional.

Ejercicio 8. En <http://beeks.eu/Puzzle3.htm> puede encontrar una variante del problema de cruzar un río con más personajes. Modele el problema en Alloy y use el Alloy Analyzer para encontrar una solución.

Ejercicio 9. Considere el siguiente problema:

Indiana Jones, acompañado de su novia, su padre y su suegro, necesita cruzar un puente colgante, un tanto peligroso, de 1 kilómetro de longitud. Está tan oscuro en el lugar, que es imposible cruzar el puente sin una linterna. Además, el puente es tan débil que sólo soporta como máximo a dos personas sobre el puente, y la luz de la linterna es tan débil que cuando dos personas caminan juntas sobre el puente, éstas se ven forzadas a hacerlo a la velocidad del más lento de ellos. Indiana Jones puede cruzar el puente en 5 minutos, su novia en 10, el padre de Indiana en 20 y el suegro en 25. Para que no los atrapen los villanos, deben poder cruzar el puente en una hora. Podrán lograrlo?

Modele el problema en Alloy, de manera tal que, mediante análisis (ya sean *runs* o *asserts* sobre el modelo) uno pueda buscar soluciones al problema.

Ejercicio 10. Modele el problema de las torres de Hanoi en Alloy y use el Alloy Analyzer para encontrar una solución.

Ejercicio 11. Considere las versiones inicial y extendida con alias y grupos del modelo de la libreta de direcciones presentado en el Capítulo 1 de (Jackson 2006). Describa uno de los modelos como un refinamiento del otro, y chequee la correspondencia de las operaciones de los modelos usando el Alloy Analyzer.

Ejercicio 12. Considere la versión con alias y grupos de la libreta de direcciones. Incorpore al modelo una definición de trazas de ejecución para chequear que, si a *n* le corresponde *a* en una libreta, y sólo se ejecutan *lookup's* y *add's*, a *n* le seguirá correspondiendo *a*.

Ejercicio 13. Un *árbol* puede verse como una relación binaria con ciertas propiedades. Exprese estas propiedades en Alloy, y use el Alloy Analyzer para ilustrar, con ejemplos, su caracterización de árboles.

Ejercicio 14. Considere el modelo de la libreta de direcciones con alias y grupos. Defina predicados para caracterizar libretas con las siguientes propiedades adicionales:

- la libreta tiene al menos dos niveles;
- algunos grupos son no vacíos

Use el Alloy Analyzer para mostrar ejemplos de estas propiedades.

Ejercicio 15. Lea el Capítulo 5 de (Jackson 2006). ¿Cuál es la definición precisa de cuantificación acotada?

Ejercicio 16. Especifique secuencias, bags (o multiconjuntos o multisets o bolsas) y conjuntos con algunas de sus operaciones fundamentales. Proponga aserciones para sus especificaciones. ¿Cuáles de ellas requieren axiomas de generación?

Ejercicio 17. Especifique grafos dirigidos con costos en los arcos. Dé el axioma de generación correspondiente a su especificación.

Ejercicio 18. Proponga un axioma de generación para listas que fuerce la existencia de todas las listas acotadas por cierta constante.