

Algoritmos y Estructuras de Datos
Ingeniería en Informática, Curso 2º, Año 2006/2007

SEMINARIO DE ESPECIFICACIONES ALGEBRAICAS

Contenidos:

1. Descripción general de Maude
 2. Comandos básicos
 3. Formato de especificación
 4. Ejemplos
- Ejercicios

OJO: Antes de hacer esta práctica repasar las especificaciones algebraicas o axiomáticas (Tema 1 de la asignatura).

1. Descripción general de Maude

- **Maude** es una herramienta que permite escribir y ejecutar especificaciones formales axiomáticas. Automatiza el proceso de **reducción** de expresiones.
- Utiliza un lenguaje de especificación muy parecido al visto en clase. **Partes de la especificación:** nombre del módulo y del tipo definido, nombres de los conjuntos usados, sintaxis de las operaciones y semántica.
- Los TAD se llaman **sort** y los axiomas **equation**.
- ¡**Cuidado:** la sintaxis es muy estricta! Se diferencian mayúsculas/minúsculas.
- **Página web de Maude:** <http://maude.cs.uiuc.edu/>
- Utilizaremos la **versión 1:** <http://maude.cs.uiuc.edu/maude1/>
- Descarga, instalación y ejecución (versión 1 para Linux):

```
>> wget http://maude.cs.uiuc.edu/maude1/current/system/maude-linux.tar.Z
>> gunzip -c maude-linux.tar.Z | tar -xvf -
>> cd maude-linux/bin
>> ./maude.linux
```

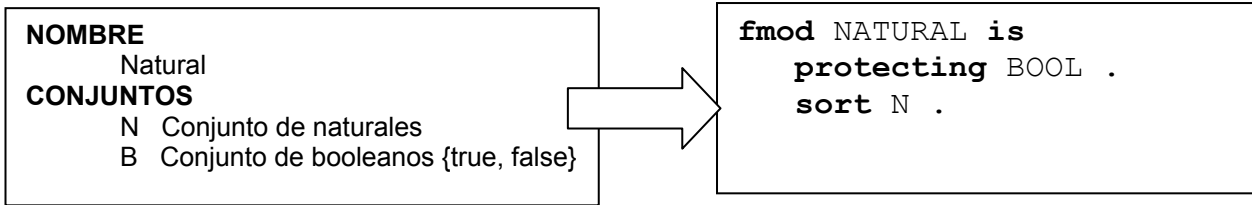
- Para salir: **quit**

2. Comandos básicos

Sintaxis	Significado
in <i>nombreFich</i> .	Lee y procesa el archivo con nombre <i>nombreFich</i>
red <i>expresión</i> .	Reduce una expresión, usando los axiomas definidos para el tipo
quit	Salir del programa

- ¡¡No olvidar terminar las expresiones con " ." (espacio en blanco + punto)!!
- **Modo de uso.**
 - Escribir una especificación formal axiomática en un archivo, usando un editor de textos cualquiera.
 - Ejecutar **Maude**.
 - Cargar el fichero con el comando **in**.
 - Si hay errores, ejecutar **quit** y corregir la especificación.
 - Una vez que la especificación esté bien, probar expresiones de ejemplo usando el comando **red**.
 - Salir.
 - Las expresiones de ejemplo (para ejecutar con **red**) también se pueden incluir en otro fichero o en el mismo.

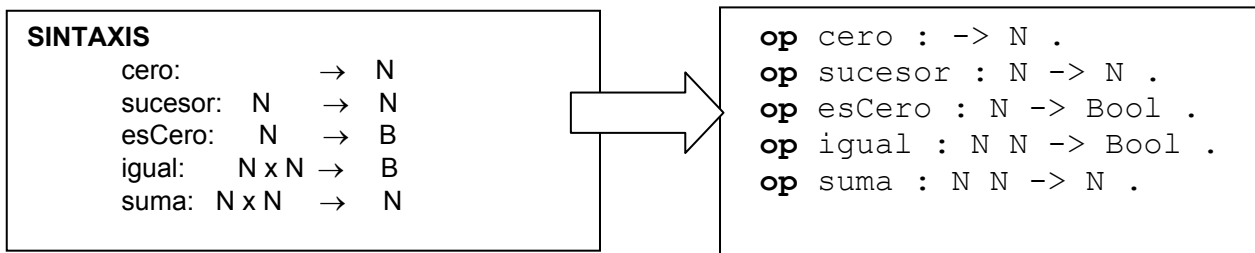
3. Formato de especificación



fmod NOMBRE **is** → Nombre del módulo que se está definiendo. Un módulo puede contener varios TAD.

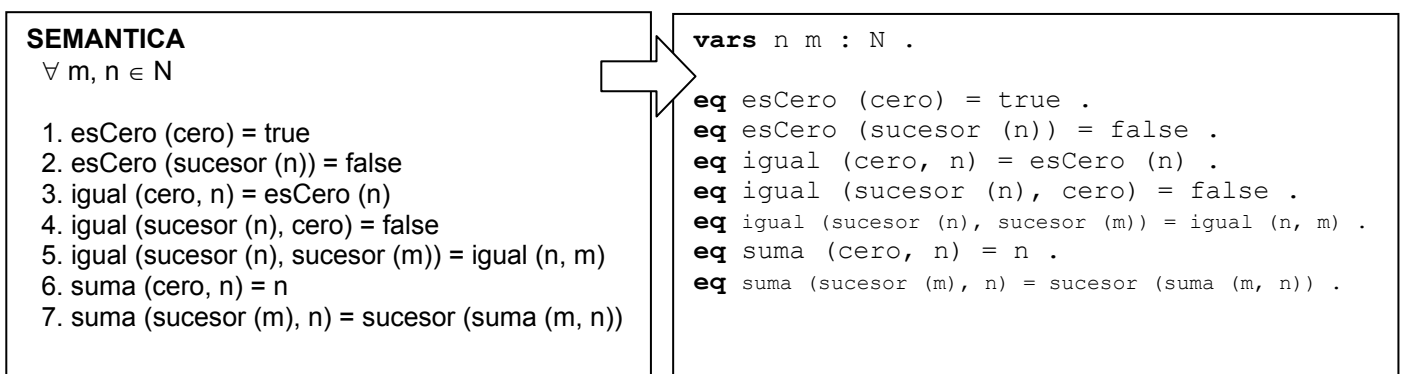
protecting NOMBRE . → Nombre de los módulos que se importan (los que contienen los tipos usados en la definición). El módulo **BOOL** está predefinido y contiene el tipo **Bool** de los booleanos (true, false, and, or, etc.). Puede importarse más de un módulo.

sort Nombre . → Nombre del conjunto del TAD que estamos definiendo en este módulo.



Respetar la sintaxis:

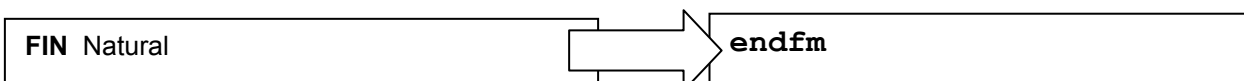
- Espacios en blanco entre cada una de las partes de la descripción.
- No poner la x del producto cartesiano.
- Acabar con: espacio en blanco + punto.



vars n m : N . → Nombre de las variables que se van a usar y su tipo.

var b : Bool .

eq exp1 = exp2 . → Axioma (eq → equation).



- Ejecutar expresiones de ejemplo:

```
Maude> red suma (sucesor(sucesor (cero)), sucesor (sucesor (cero))) .
```

```
Maude> red esCero (suma (sucesor (sucesor (cero)), sucesor (cero))) .
```

- **Cuidado** con los paréntesis y los puntos. Si se ponen menos paréntesis de los necesarios, se queda esperando que se cierren, y parece que el programa se ha quedado colgado.

- Para mostrar los axiomas aplicados en cada paso:

```
Maude> set trace on .
```

```
Maude> red esCero (sucesor (sucesor (cero))) .
```

- Para desactivar la traza:

```
Maude> set trace off .
```

- Para guardar los resultados en disco:
 - Escribir la especificación y las expresiones de ejemplo en un fichero. Por ejemplo, `ejemplo.maude`
 - Ejecutar desde la línea de comandos, redirigiendo la salida a un fichero:
`>> ./maude.linux ejemplo.maude > salida.txt`
 - Analizar los resultados en el fichero de salida.

4. Ejemplos

4.1. Fichero: natural.maude

<http://dis.um.es/~ginesgm/files/doc/natural.maude>

```
fmod NATURAL is
  protecting BOOL .
  sort N .

  op cero : -> N .
  op sucesor : N -> N .
  op esCero : N -> Bool .
  op igual : N N -> Bool .
  op suma : N N -> N .

  vars n m : N .

  eq esCero (cero) = true .
  eq esCero (sucesor (n)) = false .
  eq igual (cero, n) = esCero (n) .
  eq igual (sucesor (n), cero) = false .
  eq igual (sucesor (n), sucesor (m)) = igual (n, m) .
  eq suma (cero, n) = n .
  eq suma (sucesor (m), n) = sucesor (suma (m, n)) .
endfm
```

4.2. Fichero: letra.maude

<http://dis.um.es/~ginesgm/files/doc/letra.maude>

```
fmod LETRA is
  protecting BOOL .
  sort T .

  op a : -> T .
  op e : -> T .
  op i : -> T .
  op o : -> T .
  op u : -> T .
  op igual : T T -> Bool .

  vars x y : T .

  eq igual (a, a) = true .
  eq igual (e, e) = true .
  eq igual (i, i) = true .
  eq igual (o, o) = true .
  eq igual (u, u) = true .
  eq igual (x, y) = false .
endfm
```

- **Ojo:** no hay ambigüedad en los axiomas. En caso de que se puedan aplicar varios axiomas para una expresión, se aplicará siempre el que aparezca primero.

4.3. Fichero: pila.maude

<http://dis.um.es/~ginesgm/files/doc/pila.maude>

```
in letra .

fmod PILA is
  protecting BOOL .
  protecting LETRA .
  sort Mensaje .
  sort S .
  subsorts Mensaje < T .

  op error : -> Mensaje .
  op crearPila : -> S .
  op esVacia : S -> Bool .
  op pop : S -> S .
  op tope : S -> T .
  op push : T S -> S .

  var s : S .
  var t : T .

  eq esVacia (crearPila) = true .
  eq esVacia (push (t, s)) = false .
  eq pop (crearPila) = crearPila .
  eq pop (push (t, s)) = s .
  eq tope (crearPila) = error .
  eq tope (push (t, s)) = t .
endfm
```

- **subsorts Tipo1 < Tipo2 .** → Las operaciones que devuelven un Tipo2 pueden devolver también un Tipo1.
- Se pueden usar condicionales:
if condicion **then** valor1 **else** valor2 **fi** .

4.4. Fichero: ejemplo.maude

<http://dis.um.es/~ginesgm/files/doc/ejemplo.maude>

```
in natural .

set trace on .

red suma (sucesor(sucesor (cero)), sucesor (sucesor (cero))) .

red igual(suma(sucesor(cero), cero), sucesor(cero)) .

set trace off .

in pila .

red pop(push(a, push(e, pop (push(i, pop(crearPila)))))) .

red tope(pop(push(a, crearPila)) .

red push (tope(crearPila), crearPila) .

quit
```

Ejercicios

prueba1.maude ← 1. (1 punto) Comprobar el resultado de las siguientes expresiones usando las especificaciones formales definidas en el punto 4 (¡no activar la traza!). Decir cuántos axiomas es necesario aplicar en cada caso:

- push(tope(push(a, crearPila)), push(o, pop(push(e, push(i, crearPila))))))
- igual(suma(sucesor(cero), sucesor(cero)), sucesor(sucesor(sucesor(cero))))
- igual(e, tope(pop(push(e, pop(crearPila))))))
- tope(pop(pop(push(u, push(o, push(i, crearPila))))))

natural.maude ← prueba2.maude ← 2. (2 puntos) Añadir a la especificación formal del TAD **Natural** las operaciones: **predecesor**, **resta**, **producto**, **potencia**, **factorial**, **esMenor**, **esMenorIgual**, **esPar**, **mínimo** y **máximo**. Convertir las siguientes expresiones a la notación definida y comprobar el resultado que se obtiene, indicando el número de axiomas aplicados.

- $(2-1)^{(2+1)}$ ¿ $(4+2)*2*1 < 3!$? ¿ mínimo($3^{(2+1)}$, $3!$)? ¿ Es par $(2+1 - 2*3)$?
- $2^2*(3-1)$ ¿ $3^2 + 2 < 3*2^3$? ¿ máximo($3!$, 2^{2^2}) ? ¿ Es par $(3! - 3^2)$?
- $3+2*2-1!$ ¿ máximo($((4-2)^3, 2^3)$)? ¿ $2! \leq 1-2-3$? ¿ Es par $(2^{1+1}-1^2)$?
- $(2*3)^{(3-2-1)}$ ¿ mínimo($2^{2!}$, 2^2)? ¿ $(2+1)! < (2-1)^{2+1}$? ¿ Es par $(4!-3!-2!)$?

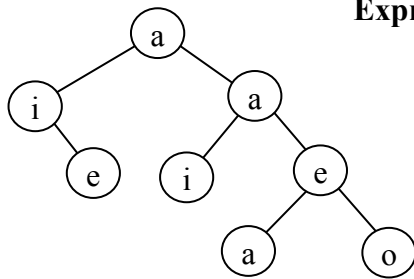
Ojo: no hacer todas las expresiones, sólo las de la fila correspondiente al valor **D** = (suma de los DNI de los alumnos) módulo 4.

bolsa.maude ← prueba3.maude ← 3. (3 puntos) Escribe una especificación formal para el TAD **bolsa de letras**. La especificación debe incluir las operaciones: **vacía** (devuelve una bolsa vacía), **esVacía** (comprueba si la bolsa está vacía), **poner** (mete una letra en una bolsa), **ponerVariar** (dada una letra, un natural n y una bolsa, mete la letra n veces en la bolsa), **quitar** (quita una letra de la bolsa), **quitarVariar** (dada una letra, un natural n y una bolsa, quita n apariciones de la letra en la bolsa), **cuantos** (calcula el número de veces que aparece una letra dada en la bolsa), **cuantosTotal** (número total de elementos en la bolsa), **esIgual** (comparación entre bolsas), **union**, **interseccion** y **diferencia** (igual que con conjuntos, pero teniendo en cuenta el número de apariciones de cada letra). Probar la especificación con al menos 5 expresiones de ejemplo, en las que aparezcan todas las operaciones definidas.

arbol.maude ← prueba4.maude ← 4. (4 puntos) Escribe una especificación formal del TAD **árbol binario de letras**. La especificación debe incluir las operaciones: **crear** (crea un árbol vacío), **construir** (crea un árbol, dada la raíz y dos subárboles), **altura** (calcula la altura del árbol), **anchura** (dado un árbol, calcula el máximo número de nodos en cualquier nivel del árbol), **esAVL** (comprueba si cumple la condición de balanceo de los árboles AVL), **sacaHojas** (devuelve una bolsa con las letras de los nodos hoja), **sacaNivel** (dado un árbol y un natural n , devuelve una bolsa con los nodos del árbol que están a nivel n , siendo la raíz el nivel 0), **sacaTodos** (devuelve una bolsa con todos los elementos del árbol), **rdd** (operación de rotación doble a la derecha).

Escribe las expresiones correspondientes a crear dos árboles binarios que contengan las vocales del nombre y apellidos de cada miembro del grupo. Se requiere que uno de ellos sea un AVL y otro no. Dibujar a mano la estructura de los árboles creados. Probar los resultados obtenidos de aplicar las 7 últimas operaciones sobre esos árboles.

Ejemplo. Alumno: Ginés García Mateos



Expresión: construir(a, construir(i, crear, construir(e, crear, crear)), construir(a, construir(i, crear, crear), construir(e, construir(a, crear, crear), construir(o, crear, crear))))

Evaluación

- La práctica se realizará individualmente o en grupos de 2.
- Para evaluar la práctica se requiere que los miembros del grupo asistan al seminario correspondiente (martes 28 de noviembre o jueves 30) realizando por lo menos el primer ejercicio. Se pasará lista al final del seminario.
- Para cada ejercicio se deberán crear los ficheros con los nombres indicados al margen en la hoja anterior. Los ficheros **pruebaX.maude** deberán cargar los módulos necesarios (**in ...**) y ejecutar las pruebas (**red ...**).
- Todos estos ficheros deberán entregarse en papel, hasta el 18 de diciembre, y deberán entregarse también en formato electrónico (en disquete o por email a ginesgm@um.es).
- ¡¡No activar la traza para ejecutar las expresiones de ejemplo (**set trace off**)!!
- Para aprobar la práctica es **imprescindible** que existan todos los ficheros .maude indicados en la lista de ejercicios, y que todos ellos puedan ser cargados sin error en el intérprete de Maude. Cualquier práctica que no funcione en Maude será puntuada con un 0.
- Los alumnos con nota mayor o igual a 5 (sobre 10) no deberán realizar en el examen parcial o final los ejercicios correspondientes al tema 1, parte 1. La nota obtenida en esta práctica se guardará como la nota de los ejercicios del examen correspondiente.
- No existirá entrevista obligatoria de esta práctica, aunque se podrán hacer entrevistas individualizadas si el profesor considera necesario verificar la autoría y originalidad de la práctica.