Tipos de datos

Conceptualmente distinguimos dos clases de tipos de datos:

- Tipos de datos **concretos**:
  - son provistos por el lenguaje de programación, decimos que son nativos,
  - es un concepto **dependiente** del lenguaje de programación,
  - comúnmente: enteros, char, string, booleanos, arreglos, reales

- Tipos de datos **abstractos**:
  - **surgen** de analizar el **problema** a resolver,
  - es un concepto **independiente** del lenguaje de programación,
  - eventualmente se implementará utilizando tipos concretos,
  - eso da lugar a una **implementación** o **representación** del tipo abstracto
  - ejemplo: si se quiere desarrollar una aplicación para un gps que calcule ciertos caminos óptimos, seguramente surgirá considerar un grafo donde las aristas son segmentos de rutas

Tipos enumerados

Declaración

Un tipo enumerado consiste de una serie finita de constantes, que serán los únicos elementos del tipo.

En nuestro lenguaje el programador puede definir un nuevo tipo enumerado de la siguiente forma:

```
type E = enumerate
            elem1
            elem2
            .....
            elemk
         end enumerate
```

Uso

El tipo E así definido tiene **únicamente** los k elementos elem1, elem2, …, elemk.
En un programa se puede declarar una variable del tipo enumerado E y asignarla a una de las constantes que define:

```
var e: E
e := elem2
```

En nuestro lenguaje permitimos realizar ciclos **for** donde el índice tome los valores de un tipo enumerado:

```
for i:= elem1 to elemk do … od
```

Cuando definimos un tipo enumerado, sus elementos tendrán el orden en que fueron escritos en la definición. En el ejemplo anterior elem1 < elem2 < … < elemk.
El tipo concreto **char** también puede verse como un tipo enumerado donde las constantes estarán ordenadas lexicográficamente ('a'<'b'<'c'<…).

Tuplas

Declaración

También llamados registros (records) o estructuras (structs). Las tuplas representan productos cartesianos de distintos tipos. Se puede definir un nuevo tipo mediante una tupla de la siguiente forma:

```
type tperson = tuple
                  name: string
                  age: nat
                  weight: real
               end tuple
```

Uso

El tipo tperson así definido corresponde al producto string × nat × real, y name, age y weight se llaman **campos**.
Para acceder a los campos de un elemento de tipo tupla utilizamos el operador de acceso escrito con un punto:

```
var manu: tperson
manu.name:= Emmanuel
manu.age:= 33
manu.weight:= 68
```

En la mayoría de los lenguajes de programación, cuando se ejecuta un programa los elementos de un tipo tupla son alojados en espacios contiguos de memoria y el espacio que ocupa es igual a la suma de los espacios que ocupan sus campos.

Arreglos

Declaración

Los arreglos son colecciones de tamaño fijo de elementos del mismo tipo. En general los lenguajes de programación implementan los arreglos alojandonos en espacios contiguos de memoria, y el acceso a cada uno de sus elementos se obtiene en tiempo constante.
Para declarar un arreglo en un programa debemos indicar de qué tipo **T** son los elementos y dos números naturales M y N indicando el primero y último índice respectivamente:

```
var a: array[M..N] of T
```

El arreglo a tiene N-M elementos de tipo T.

Índices

Comúnmente en otros lenguajes como C, los índices siempre comienzan en 0, y entonces solo debo indicar cuántos elementos tiene el arreglo.
Nuestro lenguaje es más flexible, permitiendo indicar el índice del comienzo y final del arreglo, y también permitimos utilizar como índices a los elementos de un tipo enumerado:

```
var a: array[elem1..elemk] of T
```

donde elem1..elemk son los elementos del tipo enumerado definido previamente.

```
var page: array['a'..'z'] of nat
```

También es frecuente la utilización de arreglos multidimensionales, ejemplos:

```
var b: array[1..N,1..M] of string
var c: array[1..N,'a'..'z',1..M] of nat
```

Para acceder a los elementos de un arreglo utilizamos los corchetes, separando con comas cuando tenemos más de una dimensión:

```
b[2,3]:= casa
c[2,'x',1]:= 25
```

Ejemplo de inicialización

Si quiero inicializar el arreglo c puedo utilizar tres **for** anidados, de la siguiente manera:

```
for i:= M to N do
    for k:= 'a' to 'z' do
        for d:= 1 to M do
            c[i,k,d]:= 0
        od
    od
od
```

Punteros

Declaración

Dado un tipo T, un **puntero a T** es un tipo de datos que representa el **lugar** en la memoria en donde está alojado un elemento de tipo **T**.
Por ejemplo se puede declarar un puntero a **nat** así:

```
var p: pointer to nat
```

Operaciones

Mediante punteros el programador puede manipular la memoria disponible al ejecutar un programa.

- Para **reservar** un nuevo bloque de memoria donde pueda almacenar un elemento del tipo al que apunta se utiliza la operación alloc
  alloc(p)

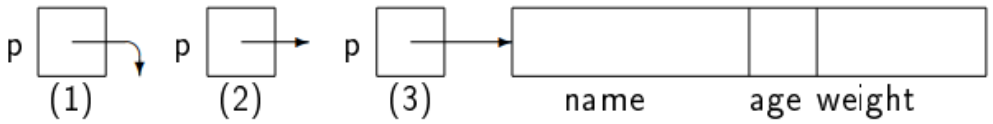
- Puedo **acceder** al valor en el bloque de memoria apuntado por p mediante la operación *
  *p:= 10
  decimos que p apunta al valor 10.

- Para **liberar** un bloque de memoria que haya sido reservado antes se utiliza la operación free
  free(p)
  Luego de realizar un free, p ya no apunta a un bloque de memoria reservado por el programa, por lo cual no se puede saber qué valor tiene la expresión *p.

- Existe una constante para representar punteros que no apunten a nada, a la que llamamos **null**
  p:= null

Representación gráfica

Hay distintas representaciones gráficas, una para cada una de las posibles situaciones. Dado p: **pointer to** tperson



En la situación (1), el valor de p es **null**, p no señala ninguna posición de memoria.
En la situación (2) la posición de memoria señalada por p no está reservada, por ejemplo, inmediatamente después de free(p).
En la situación (3) el valor de p es la dirección de memoria donde se aloja la tperson representada gráficamente al final de la flecha, por ejemplo, inmediatamente después de alloc(p).
En la situación (3), *p denota la tperson que se encuentra señalada por p, y por lo tanto, *p.name, *p.age y *p.weight, sus campos.
Esta notación permite acceder a la información alojada en la tperson y modificarla mediante asignaciones a sus campos (por ejemplo, *p.name:= Juan).

Notación

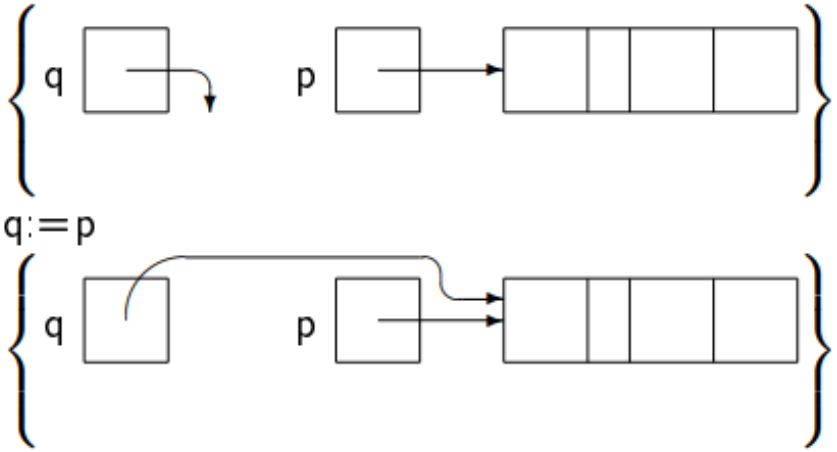
Una notación conveniente para acceder a los campos de una tupla señalada por un puntero es la fecha "→".
Así, en vez de escribir *p.name, podemos escribir p→name tanto para leer ese campo como para modificarlo.
Esta notación reemplaza el uso de dos operadores ("*" y ".") por uno visualmente más apropiado (por ejemplo, p→name:= Juan).
La notación *p y sus derivadas *p.name, p→name, etc. sólo pueden utilizarse en la situación (3).

Punteros colgantes y null

En la situación (2) el valor de p es inconsistente, no debe utilizarse ni accederse una dirección de memoria no reservada ya que no se sabe, a priori, qué hay en ella (en particular puede haber sido reservada para otro uso y al modificarlo se estaría corrompiendo información importante para tal uso). Los punteros que se encuentran en la situación (2) se llaman comúnmente referencias o punteros colgantes (dangling pointers).
En la situación (1) el valor de p es **null**, es decir que p no señala ninguna posición de memoria. Por ello, no tiene sentido intentar acceder a ella.

Aliasing

Como vemos, los punteros permiten manejar explícitamente direcciones de memoria. Esto no es sencillo, aparecen situaciones que con los tipos de datos usuales no se daban. Por ejemplo:



Como se ve, después de la asignación, q y p señalan a la misma tupla, por lo que cualquier modificación en campos de *q también modifican los de *p (claro, ya que son los mismos) y viceversa. Estamos en presencia de lo que se llama aliasing, es decir, hay 2 nombres distintos (*p y *q) para el mismo objeto y al modificar uno se modifica el otro. Programar correctamente en presencia de aliasing es muy delicado y requiere gran atención.

Administración de la memoria

Siempre hemos asumido que no es necesario ocuparse de reservar y liberar espacios de memoria para las variables. Los punteros como p y q son variables, así que tampoco es necesario reservar y liberar espacio para ellos. Pero las operaciones alloc y free son las responsables de reservar y liberar explícitamente espacio para los objetos que p y q señalan. Esta posibilidad significa ciertas libertades: el programador puede decidir exactamente cuándo reservar espacio para una tupla. Por otro lado, significa también más responsabilidad: el programador es el que debe encargarse de liberar el espacio cuando deje de ser necesario.

Pero el verdadero beneficio de los punteros radica en que permiten una gran flexibilidad para representar estructuras complejas, y por lo tanto, para implementar diferentes tipos abstractos de datos.