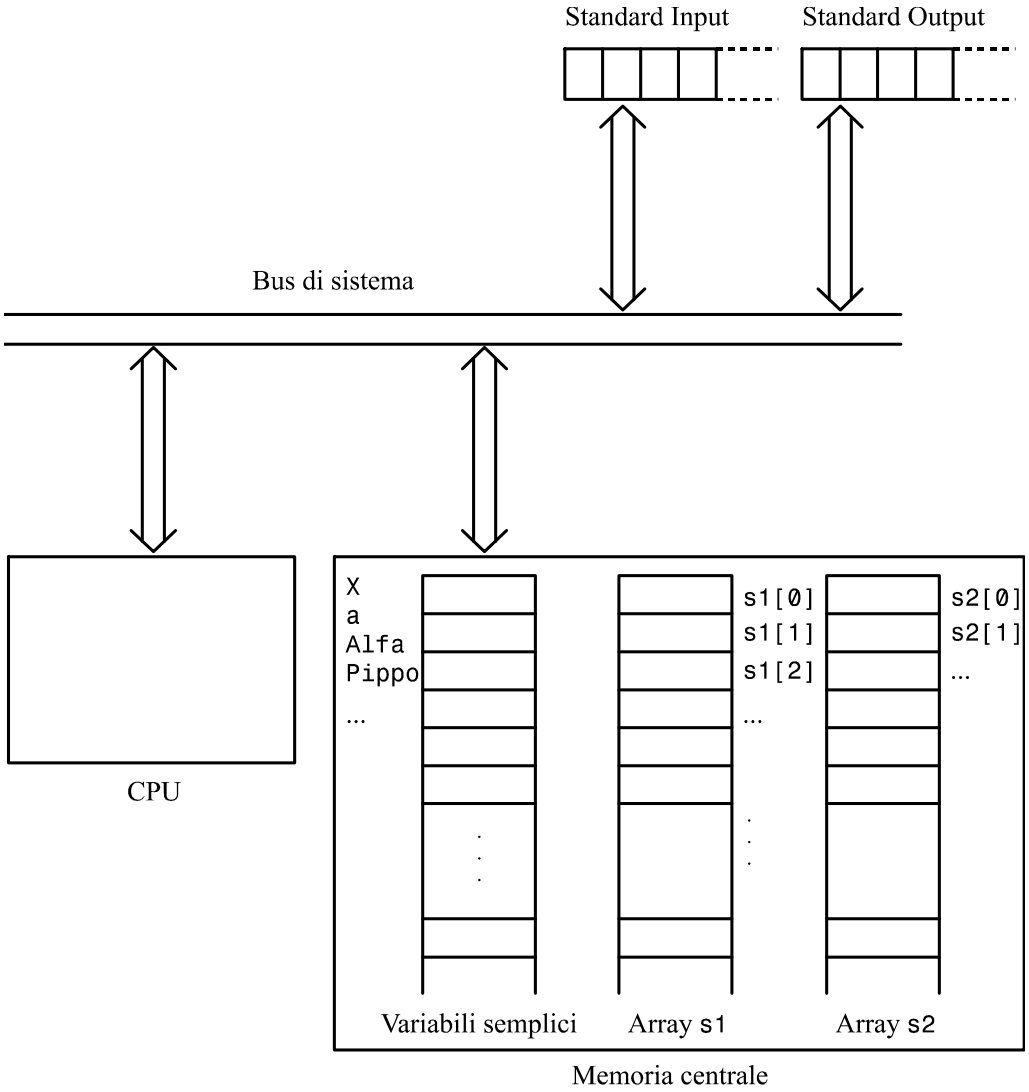
Le variabili strutturate

Un primo arricchimento della macchina astratta C



Gli array

Il **vettore** o *array monodimensionale* è costituito da ***elementi*** in cui è possibile memorizzare valori di tipo omogeneo.

Ogni elemento è individuato da un numero progressivo, detto ***indice***.

L'indice può assumere valori interi da zero al numero totale di elementi meno 1.

Il numero complessivo degli elementi del vettore viene detto ***lunghezza***.

Un **array** viene identificato come qualsiasi altra variabile.

esempi:

```
scanf("%d", &s[2]);
a[3] = s[1] + x;
if (a[4] > s[1] + 3) s[2] = a[2] + a[1];
x = a[i];
a[i] = a[i+1];
a[i*x] = s[a[j+1]-3]*(y - a[y]);
```

N.B.
In C il primo elemento di ogni array è sempre lo 0-esimo

I tipi strutturati: il costruttore array [ ]

Definizione del nuovo tipo **vettore**:

```
typedef    int    vettore[100];
```
⇒ costruisce tipo

Dichiarazione di variabili di tipo **vettore**:

```
vettore    alfa,beta;
```

o, in alternativa,

```
int    alfa[100], beta[100];
```
⇒ costruisce direttamente variabili

La dichiarazione:

```
int    lista[20];
```
va perciò interpretata come *un'abbreviazione* per:

```
typedef    int    vettoregenerico[20];
vettoregenerico   lista;
```

Il valore dell'indice di un array di N elementi varia da 0 ad N-1.

Indicare valori dell'indice al di fuori di tale intervallo produce un errore di indirizzamento.

Osservazioni

Quando conviene esplicitare il nome del tipo?

La dichiarazione mediante nuovo tipo:

```
typedef     double      VettoreDiReali[20];
VettoreDiReali          v1, v2, v3;
```

Più semplice e altrettanto chiara è quella abbreviata:

```
double      v1[20], v2[20], v3[20];
```

La dichiarazione mediante nuovi tipi:

```
typedef     double      PioggeMensili[12];
typedef     double      IndiciBorsa[12];
PioggeMensili           Piogge01, Piogge02, Piogge03;
IndiciBorsa             Indici01, Indici02, Indici03;
```

è in questo caso preferibile a:

```
double                  Piogge01[12], Piogge02[12], Piogge03[12],
                        Indici01[12], Indici02[12], Indici03[12];
```

Osservazioni

Matrici

E' possibile definire un *array di array* (una *matrice*):

```
typedef     int          Vettore[20];
typedef     Vettore      MatriceIntera20Per20[20];
MatriceIntera20Per20     matrice1;
```

Oppure, più brevemente:

```
typedef     int          MatriceIntera20Per20[20][20];
MatriceIntera20Per20     matrice1;
```

Anche una matrice può essere definita in modo *abbreviato*:

```
int     matrice1[20][20];
```

E' possibile definire array di array...:

```
int     matriceTridimensionale1[10][20][30];
```

Per accedere agli elementi di matriceTridimensionale1:

```
matriceTridimensionale1[2][8][15]
```

E' possibile definire array di ...:

```
colore     ListaColori[10];
```

Osservazioni

Dimensione degli array

Un array ha dimensioni fisse -> minor flessibilità del linguaggio

```
typedef    char    String[30];
String             Nome, Cognome;
```

La rigida e preliminare definizione delle dimensioni dell'array può comportare ***spreco di memoria*** *(se si utilizzano solo alcuni degli elementi dell'array) oppure* ***errore di indirizzamento*** *(se non si controlla che il valore dell'indice rimanga nell'intervallo fissato).*

Parole corte provocano spreco di memoria (fisica)
Parole lunghe: dovremmo anche prevedere istruzioni del tipo:

```
if (LunghezzaParola == 30)
    printf("Parola troppo lunga");
```

Perché?
Principio *dell'allocazione statica della memoria.*

Gli estremi di variabilità non possono cambiare durante l'esecuzione del programma.
L'allocazione della memoria richiesta dal programma - e quindi anche dalle variabili - viene infatti eseguita, salvo casi particolari, prima dell'inizio dell'esecuzione (allocazione statica).

I primi, semplici, programmi con array in C

```
/* Programma InvertiSequenza di max 99 numeri */
#include <stdio.h>
main()
{       int indice, x, sequenza[99];
    indice = 0;
    scanf("%d", &x);
    while (indice < 99 && x != '%')
    {
        sequenza[indice] = x;
        indice = indice + 1;
        if (indice < 99) scanf("%d", &x);
    }
    while (indice > 0 && indice <= 99)
    {
        indice = indice - 1;
        printf("indice %d valore %d\n", indice, sequenza[indice]);
    }
}
```

E se invece di 99 la sequenza fosse lunga max 1000 numeri?

Un parziale rimedio alle dimensioni fisse di un array: la "**parametrizzazione**".

Questa consiste nell'uso di costanti per definire le dimensioni di array, eventualmente ricorrendo alla *direttiva* **# define**.

```
/* Programma InvertiSequenza di max 1000 numeri */
#include <stdio.h>
#define lung 1000
main()
{       int indice, x, sequenza[lung];
    indice = 0;
    scanf("%d", &x);
    while (indice < lung && x != '%')
    {
        sequenza[indice] = x;
        indice = indice + 1;
        if (indice < 99) scanf("%d", &x);
    }
    while (indice > 0 && indice <= lung)
    {
        indice = indice - 1;
        printf("indice %d valore %d\n", indice, sequenza[indice]);
    }
}
```

I primi programmi non semplici in C con uso degli array

Si supponga di avere in input i dati relativi a delle fatture.

Per ogni fattura si abbiano, in sequenza: l'importo, il giorno, il mese e l'anno di emissione.

Dopo l'anno dell'ultima fattura ci sia il carattere % come indicatore di fine dei dati.

Si vogliono stampare in output, nell'ordine:

la dicitura IMPORTI FATTURE EMESSE

la sequenza di tutti gli importi, nello stesso ordine d'ingresso, preceduti dal carattere **€**

la dicitura TOTALE FATTURE EMESSE

il totale delle fatture preceduto dal carattere **€**

la dicitura DATE DI EMISSIONE

la sequenza delle date di emissione nella forma gg/mm/aa e nello stesso ordine d'ingresso; alla fine di ogni data va scritto il carattere **#**

Esempio (1/2)

```
/* Programma Fatture */
main()
{       int contatore, totale, dato, NumFatture;
        int giorno[99], mese[99], anno[99];
    contatore = 0; totale = 0; scanf("%d", &dato);
    while (dato != '%')
    {
        fatture[contatore] = dato; totale = totale + dato;
        scanf("%d", &dato); giorno[contatore] = dato;
        scanf("%d", &dato); mese[contatore] = dato;
        scanf("%d", &dato); anno[contatore] = dato;
        scanf("%d", &dato); contatore = contatore + 1;
    }
    printf("IMPORTI FATTURE EMESSE\n");
    NumFatture = contatore; contatore = 0;
```

Esempio (2/2)

```
    while  (contatore < NumFatture)
    {
        printf('€'); printf(“%d\n”, fatture[contatore]);
        contatore = contatore + 1;
    }
    printf("TOTALE FATTURE EMESSE");
    printf('€'); printf(“%d\n”, totale);
    printf("DATE DI EMISSIONE\n"); contatore = 0;
    while (contatore < NumFatture)
    {
        printf(“%d”, giorno[contatore]); printf('/');
        printf(“%d”, mese[contatore]); printf('/');
        printf(“%d”, anno[contatore]); printf('#\n');
        contatore = contatore + 1;
    }
}
```

Osservazioni

Assegnazione tra array:

Dati i seguenti array:

```
typedef int anArray[10];
anArray    Array1, Array2;
```

l'istruzione:

```
Array2 = Array1;
```

E' scorretta!

Sarà necessaria un'istruzione ciclica che "scorra" i singoli elementi dell'array

I tipi strutturati: il costruttore struct

Tipo *impiegato*: *nome*, *cognome*, *codice fiscale*, *indirizzo*, *numero di telefono*, eventuali *stipendio*, *data di assunzione* e via di seguito.
Tipo *famiglia*: un certo insieme di *persone*, un *patrimonio*, costituito a sua volta da un insieme di *beni*, ognuno con un suo *valore*, un *reddito* annuo, *spese* varie, …

Queste strutture informative sono *eterogenee*: l'array non si presta a questo tipo di aggregazione.

Il costruttore struct, invece, permette di definire una **struttura di dati** aggregando elementi anche eterogenei (di tipi diversi). I vari elementi si dicono **campi** della struttura.

Come il costruttore di *array*, anche il costruttore struct può essere usato per definire un tipo o direttamente per definire una variabile strutturata.

Il costruttore di record (parola chiave **struct** in C) è la risposta a questo tipo di esigenze.

Esempi

```
typedef char String[50];

typedef struct {    int     Giorno;
                    int     Mese;
                    int     Anno;
                }   Data;

typedef struct {    String  Destinatario;
                    int     Importo;
                    Data    DataEmissione;
                }   DescrizioneFatture;

typedef enum {Dirigente, Impiegato, Operaio} CatType;

typedef struct {    String  Nome;
                    String  Cognome;
                    int     Stipendio;
                    char    CodiceFiscale[16];
                    Data    DataAssunzione;
                    CatType Categoria;
                }   Personale;
```

Dichiarazione di variabili

La dichiarazione di variabili procede poi come al solito:

```
Personale  Dip1, Dip2;
```

Oppure è possibile definire il nuovo tipo in forma *anonima* e nello stesso tempo dichiarare le variabili:

```
struct  {   String  Nome;
            String  Cognome;
            int Stipendio;
            char    CodiceFiscale[16];
            Data    DataAssunzione;
            CatType Categoria;
        }   Dip1, Dip2;
```

Le accortezze nel gestire le strutture

Per accedere ai singoli campi di una struttura si usa la cosiddetta "**dot notation**".

esempi

```
Dip1.data_assunzione.anno = 1998;
Dip2.stipendio = Dip1.stipendio * 1.1;
```

Si possono costruire array i cui elementi sono variabili strutturate.

esempi

```
Personale      Dip [300];
Dip [20].stipendio = Dip1.stipendio;
```

Oltre alle operazioni sui singoli campi, una variabile strutturata prevede **operazioni globali**.

Esempi

```
Dip1 =  Dip2;
```

E' lecito e fa esattamente ciò che ci si aspetta: copia l'intera struttura Dip1 in Dip2, **comprese le sue componenti che sono costituite da array!**

Il perché di questa stranezza risiede nel modo in cui in C sono realizzati gli array.

Il costruttore puntatore

Esso permette di costruire il ***tipo puntatore ad un tipo di oggetto*** (variabile semplice o strutturata).

Dichiarazione di tipo puntatore:

```
typedef     tipo        *punt;
```

Ciò consente di dichiarare variabili di tipo puntatore:

```
punt        P, Q;
```

Dereferenziazione:

`*P` indica il valre della cella di memoria il cui indirizzo è contenuto in `P`

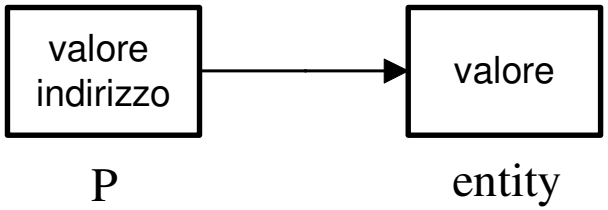
Puntatori e tipi

Una variabile di tipo puntatore può far riferimento ad un elemento del tipo indicato nella costruzione.

```
tipoelemento        entity, s, t;
```

A variabili di tipo puntatore può essere assegnato un valore tramite l'**operatore unario &** (indirizzo di).

```
P = &entity;
```



L'operatore unario & significa "indirizzo di" ed è il duale dell'operatore '*'.

```
typedef     TipoDato    *TipoPuntatore;
TipoPuntatore           P, Q;
TipoDato                y, z;
    P = &y;
    Q = &z;
    P = Q;
```

`y` e `z` sono di tipo TipoDato mentre `P` e `Q` sono *puntatori* a variabili di tipo `TipoDato`.

Puntatori e tipi

```
typedef TipoDato          *TipoPuntatore;
typedef AltroTipoDato     *AltroTipoPuntatore;
TipoDato                  *Puntatore;
TipoDato                  **DoppioPuntatore;
TipoPuntatore             P, Q;
AltroTipoPuntatore        P1, Q1;
TipoDato                  x, y;
AltroTipoDato             z, w;
```

istruzioni corrette:

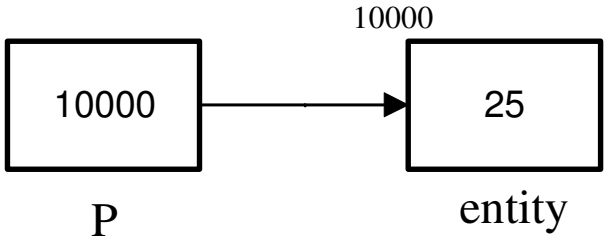
```
Puntatore = &y;
DoppioPuntatore = &P;
Q1 = &z;
P = &x;
P = Q;
*P = *Q;
*Puntatore = x;
P = *DoppioPuntatore;
z = *P1;
Puntatore = P;
```

istruzioni scorrette:

```
P1 = P;                          (warning)
w = *P;                          (error)
*DoppioPuntatore = y;            (warning)
Puntatore = DoppioPuntatore;     (warning)
*P1 = *Q;                        (error)
```

esempio

Se P è una variabile puntatore che si riferisce ad una entità di nome entity (supposta di tipo intero), valore 25 e indirizzo di memoria 10000, allora il valore di P sarà 10000.



Riassumendo e completando

Operazioni applicabili a variabili puntatori:

- ⇨ assegnamento dell'indirizzo di una variabile tramite l'operatore unario &;
- ⇨ assegnamento del valore di un altro puntatore;
- ⇨ assegnamento del valore speciale NULL. Se una variabile puntatore ha valore NULL, *P è indefinito: P non punta ad alcuna informazione significativa. l'operazione di dereferenziazione, indicata dall'operatore *;il confronto basato sulle relazioni ==, !=, >, <, <=, >=;operazioni aritmetichel'assegnamento di indirizzi di memoria a seguito di operazioni di allocazione esplicita di memoria

Array e puntatori

Definiamo un record e dichiariamo una variabile puntatore:

```
typedef struct {   int     PrimoCampo;
                   char    SecondoCampo;          }   TipoDato;

                   TipoDato    x, *P;
                   P = &x;
```

Accesso al campo PrimoCampo di x, attraverso il puntatore P, usando la *dot notation*:

```
(*P).PrimoCampo = 12;          /* Inserisce 12 nel campo PrimoCampo di x */
```

Esiste una sistassi abbreviata:

```
P->PrimoCampo = 12;          /* Inserisce 12 nel campo PrimoCampo di x */
```

Gli elementi di un array occupano posizioni di memoria contigue

L'operatore sizeof

L'operatore **sizeof** produce il numero di byte occupati da ciascun elemento di un array o da un array nel suo complesso.
Se si usano quattro byte per la memorizzazione di un valore **int**:

```
int a[5];
```
allora:
```
sizeof(a[2])
```

restituisce il valore 4 e:

```
sizeof(a)
```

restituisce il valore 20.

Il nome di una variabile di tipo array viene considerato in C come l'indirizzo della prima parola di memoria che contiene il primo elemento della variabile di tipo array (lo 0-esimo …).
Se ne deduce:
che `a` "punta" a una parola di memoria esattamente come un puntatore;
che `a` punta sempre al primo elemento della variabile di tipo array (è un puntatore "fisso" al quale non è possibile assegnare l'indirizzo di un'altra parola di memoria).

Operazioni di somma e sottrazione su puntatori

Se `p` e `a` forniscono l'indirizzo di memoria di elementi di tipo opportuno, `p+i` e `a+i` forniscono l'indirizzo di memoria dell'*i*-esimo elemento successivo di quel tipo.

Se `i` è una variabile intera:

la notazione `a[i]` è equivalente a `*(a+i)`

Analogamente, se `p` è dichiarato come puntatore a una variabile di tipo **int**:

la notazione `p[i]` è equivalente a `*(p+i)`.

Ne segue che:

`p = a` è equivalente a `p = &a[0];`

`p = a+1` è equivalente a `p = &a[1];`

Mentre non sono ammessi assegnamenti ad `a` del tipo:

```
a = p;
a = a +1;
```

Se `p` e `q` puntano a due diversi elementi di un array, `p-q` restituisce un valore intero pari al *numero di elementi* esistenti tra l'elemento cui punta `p` e l'elemento cui punta `q`.

Non la differenza tra il valore dei puntatori.

Se il risultato di `p-q` è pari a 3 e supponendo che ogni elemento dell'array sia memorizzato in 4 byte, la differenza tra l'indirizzo contenuto in `p` e l'indirizzo contenuto in `q` darebbe 12.

Attenzione ai "rischi" dei puntatori

Effetti collaterali (*side effects*):

```
    *P = 3;
    *Q = 5;
    P = Q;
/* a questo punto *P = 5 */
    *Q = 7;
```

A questo punto *Q = 7, ma anche *P = 7

Un assegnamento esplicito alla variabile puntata da Q determina un assegnamento nascosto alla variabile puntata da P.

Caso particolare di *aliasing*, ovvero del fatto che uno stesso oggetto viene identificato in due modi diversi.

Errori a Compile-time ed errori a Run-time

Puntatori e tipizzazione delle variabili puntate:

Viene *segnalato* dal compilatore il tentativo di utilizzo congiunto di puntatori dichiarati come puntanti a dati di tipo differente

Tipizzazione "forte" del C

Il C consente di eseguire tutte le espressioni e le assegnazioni che coinvolgono variabili di tipo diverso, a condizione che:

- i tipi siano compatibili
- vengano applicate le *regole di conversione implicita*.

Poiché il compilatore verifica le due condizioni esposte, si dice che il linguaggio persegue l'obiettivo della tipizzazione forte.

Altri errori "a compile-time"

- Errato annidamento di parentesi
- Mancata o errata dichiarazione di variabile
- …

Errori a run-time

- Divisione per 0
- Indice di un array fuori dai limiti
- Accesso ad una variabile non inizializzata

…