La pratica della programmazione

Anno Accademico 2010-2011

Prof. Claudio Cilli

Come scrivere il codice

- Obiettivo: codice che funziona, facile da leggere, correggere e mantenere
- A cosa bisogna prestare attenzione (in ordine approssimativamente cronologico nel progetto):
  - la modularità e le interfacce
  - la scelta degli algoritmi e delle strutture dei dati
  - la notazione e lo stile
  - il debugging ed il collaudo
- Cosa si deve ricercare a tutti i costi:
  - ***semplicità*** - funzioni corte e semplici da gestire
  - ***chiarezza*** - sorgenti di facile interpretazione sia per l'utente che per il computer
  - ***generalità*** - moduli che funzionano in molteplici situazioni e che si adattano bene a situazioni impreviste

Obiettivi di progetto

- Esplicitare chiaramente tutti gli obiettivi
- Esempio da un caso reale:
  - *The main technical objectives are:*
  1. *the realization of an Imagery Management and Processing System able to demonstrate its relevance by means of:*
     - *the provision of parallel image processing algorithms*
     - *the flexible management (storage, retrieval, dissemination) of imagery data*
  2. *the integration of a multi-tier software system based on both commercial packages and specialized newly developed modules for building up an end-to-end remote sensing data management system*

La modularità

- La separazione in moduli indipendenti, come la separazione in procedure indipendenti, serve a limitare la complessità dell'applicazione. Interventi successivi di modifica al sistema saranno tipicamente limitati ad una procedura o, al più, ad un modulo

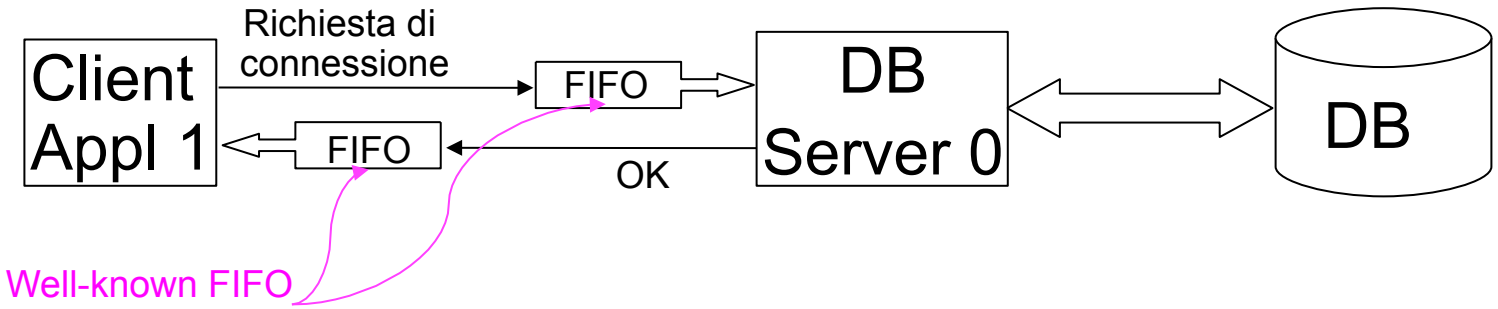
DIVIDE ET IMPERA

Cos'e un modulo?

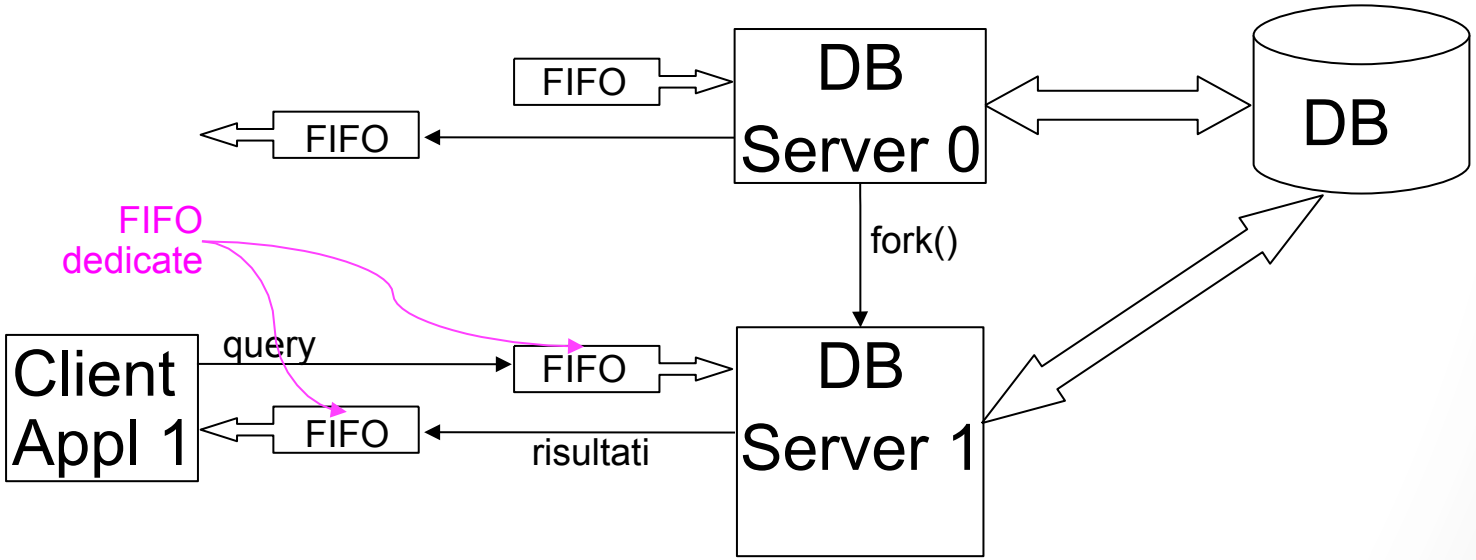
- I moduli sono strutture indipendenti che possono svolgere autonomamente un'importante funzione del sistema (per es., gestire l'interfaccia utente o l'accesso ai dati, la comunicazione tra processi o macchine, etc.)
- Possono essere implementati come librerie, processi o thread, anche con linguaggi diversi da quelli usati per altri moduli
- Un modulo di norma comprende più procedure con i loro dati (che sono quindi locali al modulo ma globali per le procedure che lo compongono)
- I moduli sono **debolmente** accoppiati tra loro tramite interfacce ben definite (protocolli di comunicazione, chiamate di libreria)
- La divisione in moduli, eventuali sottomoduli e procedure deve aiutare la stratificazione dell'applicazione, in cui ogni strato è completo e consistente ed aggiunge dettagli allo strato soprastante nascondendo i dettagli dello strato sottostante

Moduli e interfacce: Esempio I

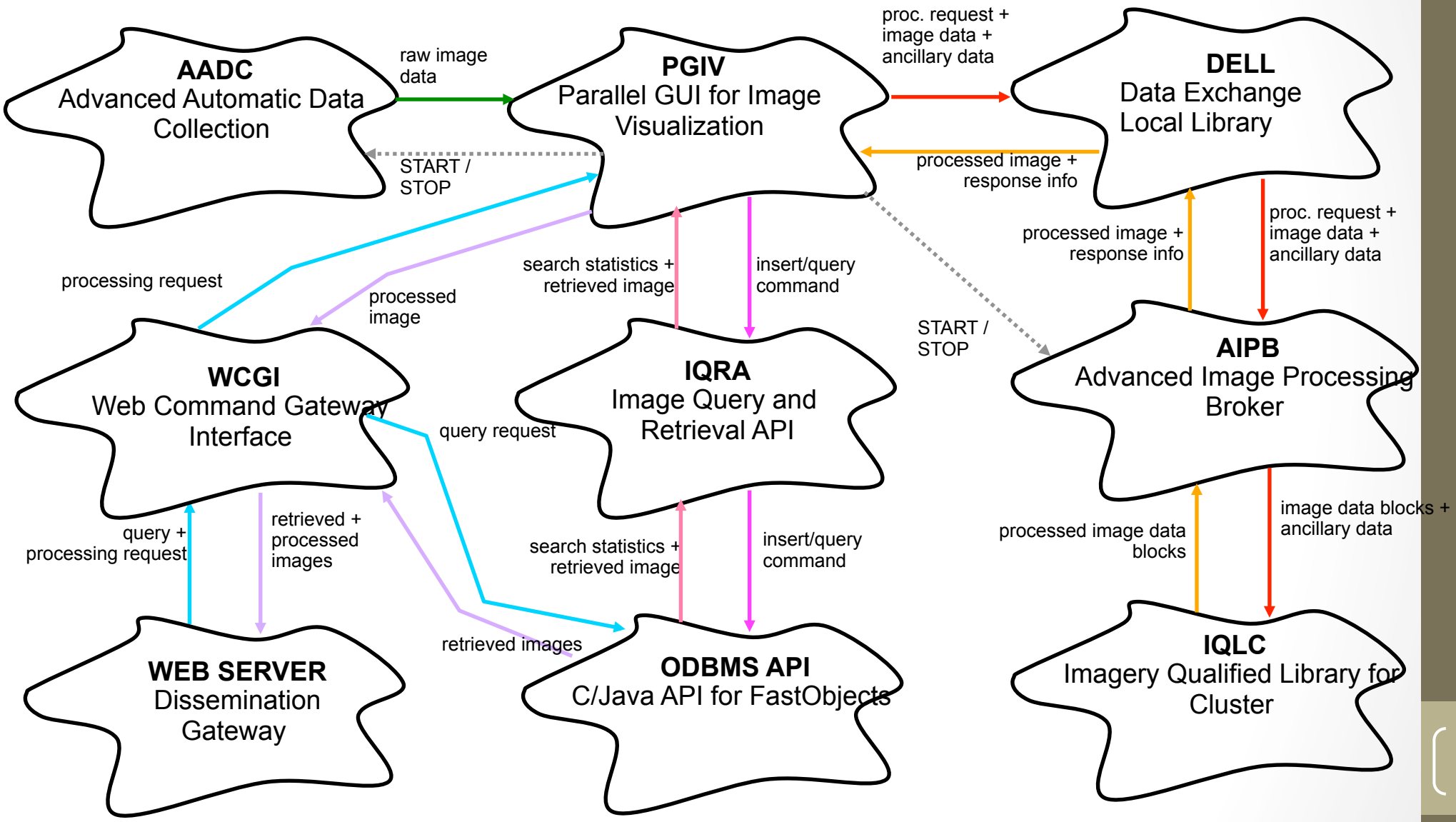
A) Connessione



B) Interazione col DB Server



Moduli e interfacce: Esempio II



Cos'è una procedura?

- Una procedura è la più piccola unità indipendente di programmazione
- Tipicamente implementa un intero algoritmo od una funzione autoconsistente (e.g., lettura di un record da un file)
- Una procedura...
  - Deve essere breve (1-2 schermate)
  - Più e' complessa, più breve deve essere
  - Deve usare poche variabili (max 10)
  - Deve avere un solo punto di uscita
  - Deve essere ben commentata

Come si definisce un'interfaccia - I

- Quali servizi devono essere forniti?
  - definire chiaramente gli scopi ed i limiti del modulo
  - scopi e limiti debbono essere chiari e consistenti (e.g., gestione di file)
  - l'interfaccia e' un contratto che formalizza scopi e limiti del modulo
- Come si definiscono le specifiche?
  - scegliere poche, semplici primitive (una primitiva e' una funzione base con una sintassi e una semantica ben definite)
  - ricercare l'ortogonalita' tra le primitive (uno ed un solo modo per fare una data operazione)
  - ricercare la consistenza nei parametri, nelle operazioni, etc (vedi funzioni sulle stringhe della libreria standard C definita in string.h)

Come si definisce un'interfaccia - II

- Quali informazioni debbono rimanere private?
  - nascondere i dettagli dell'implementazione
    → rimanete liberi di cambiare l'implementazione se necessario (per es., per motivi di prestazioni)
  - limitare al minimo (zero, ove possibile) le variabili globali
    → possono nascondere gli effetti collaterali di un'invocazione
  - limitare al minimo (zero, ove possibile), le informazioni di stato (e.g., variabili locali statiche)
    → e' troppo facile perdere traccia dello stato di ogni libreria o modulo che state utilizzando

Come si definisce un'interfaccia - III

- Quali informazioni non debbono essere modificate?
  - limitare l'accesso a risorse esterne che non siano parte esplicita del contratto (e.g., file nascosti)
    → limitate la possibilita' di effetti collaterali indesiderati ed interferenza con altri moduli o funzioni anche di sistema
  - evitare di modificare l'input (esempio negativo: **`strtok`**)
    → prima o poi rischiate di dimenticarvelo
- Come vanno gestite la memoria e le altre risorse condivise (file, etc.)?
  - le risorse debbono essere liberate nello stesso livello logico che le ha allocate

La gestione degli errori - I

- Come si gestiscono gli errori?
  - restituendo un valore non permesso (NULL, -1, etc...)
  - oppure utilizzando una variabile globale (e.g., **`errno`**)
  - bisogna sempre verificare i valori di ritorno dopo l'invocazione dell'interfaccia!
  - evitare di lasciare eccezioni non gestite
- La verifica della correttezza dei parametri ricevuti (defensive programming) aiuta anche la sicurezza

La gestione degli errori - II

- Chi deve gestire gli errori?
  - gli errori debbono essere rilevati **immediatamente**, al più basso livello possibile...
  - ... ma debbono essere gestiti al più alto livello possibile, fornendo all'utente (ed al programmatore!) tutte le informazioni di contesto:
    - Dove è avvenuto l'errore (funzioni invocate)
    - il tipo dell'errore (e.g., memoria insufficiente, file not found, ...)
    - Perché è avvenuto (richiesti 100MB, file “/a/b/c/d.e”, ...)
    - eventuali altre informazioni utili sul contesto (stack, altre variabili utili)
    - esempio:

```
markov: can't open psalm.txt in /home/
francesco: No such file or directory
```

La scelta della struttura dei dati e degli algoritmi

- Usare la struttura dei dati piu' semplice che permetta un'implementazione efficiente delle funzionalita' desiderate (e.g.: ricerca, inserzione, etc.).

KEEP IT SIMPLE

Linee guida per la scelta

- I passi principali sono:
  - selezionare algoritmi e strutture dati che risolvano il problema
  - considerare la quantità di dati da gestire od elaborare
  - preferire tecniche e strutture dati semplici
  - preferire l'utilizzo di librerie già disponibili e ben collaudate
  - solo se necessario, utilizzare strutture o algoritmi di maggiore complessità
  - utilizzare un approccio modulare al fine di limitare l'ampiezza degli interventi sul codice (mantenendo invariata l'interfaccia)

Esempio: la ricerca tabellare - I

- La struttura dati più semplice per rappresentare una tabella e' ...
  ... una tabella (per esempio, un vettore di strutture)
- La ricerca sequenziale può essere sufficientemente veloce se abbiamo pochi elementi e/o la effettuiamo raramente
- Se le inserzioni o modifiche non sono troppo frequenti, la tabella può essere mantenuta ordinata, permettendo così l'uso della ricerca binaria che è molto efficiente
- Strutture dati più complesse (come le liste linkate o le hash table) vanno utilizzate dopo averne verificato i vantaggi nella nostra applicazione
- Un approccio modulare permette di variare la struttura dei dati anche dopo la prima implementazione

Esempio: la ricerca tabellare - II

Tabella di parsing HTML: una tabella ordinata (statica) permette la ricerca binaria

```
typedef struct Nameval Nameval
struct Nameval {
   char *name;
   int            value;
}
/* HTML characters table
*/
/* e.g. Aelig is ligature of A and
E.*/
/* Values are Unicode/ISO10646
*/
Nameval htmlchars[] = {
   “Aelig”,                0x00c6,
   “Aacute”,               0x00c1,
   ...
   “zeta”,
        0x03b6,
};
```

```
int lookup(char *name, Nameval tab
[], int ntab)
{
   int low, high, mid, cmp;
   low = 0;
   high = ntab - 1;
   while (low <= high) {
      mid = (low + high) / 2;
      cmp = strcmp(name,tab
[mid].name);
      if (cmp < 0)
          high = mid - 1;
      else if (cmp > 0)
          low = mid + 1;
      else       /* found match */
          return mid;
   }
   return -1        /* no match */
}
```

Esempio: l'ordinamento

- La ricerca binaria richiede un vettore o lista ordinata
- Non (ri)scrivere codice che è già disponibile in libreria:
  - **`qsort`** - sorts an array
  - **`bsearch`** - binary search of a sorted array

```
#include <stdlib.h>
void qsort(void base size_t nmemb, size_t
size, int(*compar)(const void *, const void
*));
void *bsearch(const void *key, const void
*base, size_t nmemb, size_t size, int
(*compar)(const void *, const void *));
```

Lo stile

- Il codice viene sia letto che scritto, perciò esso deve esprimere chiaramente ciò che fa e come lo fa. I commenti serviranno a chiarire perché lo fa.

SEMPLICITÀ, CHIAREZZA E GENERALITÀ

I nomi - I

- Definire uno standard di nomenclatura:
  - usare gli stessi criteri per le abbreviazioni e la separazione tra parole che compongono un nome (uso delle maiuscole o di ”_”), etc.
  - se definisco **`UserQueue`**, per coerenza definiro' i nomi della funzione **`ExitQueue`**, non **`ExitQ`** o **`Exit_Queue`**
- Qualunque sia lo standard scelto, attenervisi scrupolosamente
- I nomi delle variabili devono essere sostantivi e aggettivi, i nomi delle funzioni debbono contenere verbi (es. **`TotalCapacity`**, **`AddItem`**)
- Non usare una stessa variabile per scopi diversi
- Non attribuire ad una variabile locale lo stesso nome di una variabile globale

I nomi - II

- Usare nomi che siano:
  - espressivi del significato funzionale: esempio negativo **`MyVar`**
  - accurati rispetto alla funzione svolta oppure ai dati contenuti
- Usare nomi descrittivi per le variabili globali (e.g.: **`UserQueue`**)
- Usare nomi brevi per le variabili locali (es.: **`n`**, **`i`**)
- I nomi delle costanti debbono essere interamente maiuscoli (es.: **`MAXNUMITEM`**)
- Evitare di inserire nei nomi informazioni non funzionali, per esempio:
  - informazioni sul tipo della variabile - **`MyInt`**
  - informazioni sulla struttura dei dati - **`LinkedList2`**)

Indentazione e parentesi graffe

- Indentare per mostrare la struttura
  - almeno 3-4 caratteri, meglio un tab
  - usare il corretto livello di indentazione per tutti i blocchi di istruzioni
  - se avete piu' di 3 livelli di annidamento (e quindi di indentazione), probabilmente il codice e' troppo complesso e deve essere ristrutturato o si devono creare funzioni che raggruppano blocchi di istruzioni
- Usare in maniera chiara e consistente le parentesi graffe, per es.
  - { alla fine della linea: **`if`** (...) { oppure **`do`** {
  - } all'inizio della linea, seguito eventualmente solo dalla continuazione della stessa istruzione: } oppure } **`while`** (...)
  - eccezione: nella dichiarazione di funzione i caratteri { e } usano una riga intera

Espressioni ed istruzioni - I

- Non scrivere più istruzioni sulla stessa linea
- Non scrivere più di 80 caratteri per linea
- Usare parentesi e spazi vuoti oculatamente al fine di chiarire ogni possibile ambiguità di interpretazione
- Le espressioni seguenti sono entrambe corrette, qual è più facile da leggere?

```
leap_year = y % 4 == 0 && y % 100 != 0 || y % 400 == 0;
leap_year = ((y%4 == 0) && (y%100 != 0)) || (y%400 == 0);
```

- Evitare effetti collaterali (i seguenti esempi non funzionano, perchè?)

```
str[i++] = str[i++] = ' ';
scanf("%d %d", &yr, &profit[yr]);
```

Espressioni ed istruzioni - II

- Usare espressioni facilmente leggibili:
  - limitare l'uso delle negazioni nelle espressioni logiche
  - spezzare le espressioni complesse in più termini
  - semplificare le espressioni ove possibile
  - non abusare dell'operatore ?
  - la lunghezza non è un criterio di chiarezza (vedi esempi nel lucido seguente)

Espressioni ed istruzioni - III

- Le espressioni seguenti sono entrambe corrette, qual è più facile da leggere?

```
*x += (*xp=(2*k < (n-m) ? c[k+1] : d[k--]));
```

```
if (2*k < n-m)
    *xp = c[k+1];
else
    *xp = d[k--];
*x += *xp;
```

- Cosa significa l'espressione seguente?

```
child=(!LC&&!RC)?0:(!LC?RC:LC);
```

Gli idiomi

- Come nei linguaggi naturali, anche nella programmazione un idioma è il modo convenzionale di esprimere un concetto
- Ogni linguaggio presenta molti idiomi, che conviene conoscere ed utilizzare in maniera consistente
- L'uso di un idioma rende agevole la lettura (e quindi il debugging)
- Il mancato uso di un idioma evidenzia un'anomalia e richiama immediatamente l'attenzione del lettore
- Gli idiomi coprono anche l'invocazione di funzioni (che devono restituire un intero):
  - usare un return code (0 indica successo, -1 indica errore)
  - usare un pattern costante (es., prima i parametri in scrittura, poi in lettura)

Esempi di idiomi - I

- L'idioma per un ciclo su di un vettore è:

```
for (i = 0; i < n; i++)
    array[i] = 1.0;
```

- L'idioma per un ciclo su di una lista è:

```
for (p = list; p != NULL; p++)
    ...
```

- Gli idiomi per un ciclo infinito (da usare solo nel caso in cui la condizione di uscita sia asincrona e non gestibile) sono:

```
for (;;)

while (1)
```

Esempi di idiomi - II

- L'idioma per eseguire un'assegnazione in un ciclo è:

```
while ((c = getchar()) != EOF)
    putchar(c);
```

- L'idioma per allocare memoria per un stringa è (a cui aggiungere il controllo sul valore di ritorno della **`malloc`**):

```
p = malloc(strlen(buf)+1);
    strcpy(p, buf);
```

- L'idioma per una decisione a molte strade è **`if ... else if ... else`**, non una sequenza di **`if`** annidati
- Un'alternativa è l'uso di **`switch ... case`**, dove ogni caso deve essere terminato da **`break`** (eccetto che per blocchi di istruzioni identici)

Le macro

- Evitare l'uso di funzioni in forma di macro:
- possono forzare valutazioni multiple, con sottili bug ...

```
#define isupper(c) ((c) >= 'A' && (c) <= 'Z')
...
while (isupper(c = getchar()))
    ...
```

- ... o potenziali problemi di prestazioni

```
#define ROUND_TO_INT(x) ((int) ((x)+(((x)>0)?
0.5:-0.5)))
...
size = ROUND_TO_INT(sqrt(dx*dx + dy*dy)
```

I numeri *magici*

- I numeri magici sono le costanti del programma e meritano tutti un nome
- I numeri magici vanno definiti come costanti, non macro
- Il codice sorgente non dovrebbe contenere costanti eccetto (ma solo in alcuni casi) 0 e 1
- Eccezioni:

  NO: `str = 0; name[i] = 0; x = 0;`

  SI: `str = NULL; name[i] = '\0'; x = 0.0;`
- Usare il linguaggio (**`sizeof`**) per calcolare le dimensioni di un oggetto

```
#define NELEMS(array) (sizeof(array) / sizeof
(array[0]))
```

I commenti - I

- I commenti devono aiutare a capire il codice evidenziando punti importanti e fornendo il quadro dell'elaborazione
- Il commento non deve sostituirsi alla leggibilità del codice, deve integrarla con ulteriori informazioni, quindi ...
- ... i commenti non devono ripetere ciò che il codice già dice ma aggiungere qualcosa che non è ovvio
- Ogni oggetto deve essere commentato: funzioni, strutture dati, variabili globali e locali
- Verificare costantemente che il codice ed i commenti siano allineati e non si contraddicano

I commenti - II

- Ogni funzione deve iniziare con un commento contenente:
  - obiettivo della funzione ed algoritmi o tecniche usate con eventuali riferimenti (manuali, bibliografia, ecc.)
  - significato di tutti i parametri
  - variabili globali accedute (e se vengono modificate)
  - significato delle variabili locali non banali
  - possibili valori di ritorno e loro significato
- I commenti devono evidenziare la separazione di blocchi diversi di codice
- Ogni linea o blocco di codice non banale merita, di norma, un commento

Esempio di codice commentato

```
#include stdlib.h
/* emalloc: invoke malloc and print message to stderr */
/*          in case of error; syntax is compatible    */
/*          with malloc so can be linked instead      */
/* global variables: none                             */
void *emalloc(size_t n)
{
   void p;            /* pointer to allocated memory   */
   p = malloc(n);
   if (p == NULL) {
      fprintf(stderr, “malloc of %d bytes failed!”, n);
   return p;
}
```

Debugging e collaudo

- Il tempo speso nel debugging raramente è minore del tempo speso a scrivere codice. Dobbiamo imparare dai nostri errori.

MELIUS PREVENIRE QUAM CURARE

Cosa fare per evitare che qualcosa vada storto…

- Diminuire le probabilità che questo succeda:
  - pensare prima di scrivere il codice e leggerlo attentamente prima di modificarlo
  - verificare attentamente le più comuni fonti di errore (e.g., passaggio per indirizzo in **`scanf`**, tipi passati a **`printf`**, ordine dei parametri nell'invocazione, uso di **=** al posto di **==**, uso di variabili non inizializzate, indici di un vettore esterni all'intervallo corretto, ...)
  - ogni volta che si trova un errore, verificare che non sia stato commesso uno simile anche altrove
  - spiegare il proprio codice a qualcun'altro
  - verificare con carta e penna i casi più semplici

Cosa fare per scoprire se qualcosa sta andando storto... - I

- Mentre si scrive il codice di ogni funzione:
  - verificare pre- e post-condizioni
  - usare **`assert`**
  - programmare in maniera difensiva (verificare i parametri in input, le variabili globali, etc.)
  - verificare i codici di ritorno delle funzioni invocate
- Predisporre un ambiente di collaudo (*scaffolding*) in cui verificare il codice:
  - nei casi limite (file vuoto, lista vuota, inizio o fine del vettore, etc.)
  - nei casi più significativi
  - nei casi più critici (es., vicino a valori importanti)

Cosa fare per scoprire se qualcosa sta andando storto... - II

- Per l'intera applicazione e per ogni suo modulo:
  - predisporre un ambiente di collaudo (automatico!) in cui eseguire un collaudo sistematico
  - effettuare verifiche incrementali (ad ogni modifica)
  - verificare prima le parti semplici per ottenere rapidamente una struttura funzionante
  - verificare proprietà globali o di conservazione (es., numero di record scritti)
  - se possibile, confrontare due implementazioni indipendenti (es., con un prototipo sviluppato in ambiente interpretato)
  - verificare che una modifica non abbia introdotto errori (*regression testing*)
  - provare input improbabili, errati o enormi (*stress testing*)

Cosa fare se qualcosa è andato storto…

- Intervenire appena si evidenzia un errore (e.g., non ignorare i crash imprevisti!)
- Rendere l'errore riproducibile
- Iniziare i controlli dalle modifiche più recenti
- Utilizzare un metodo di bisezione per trovare la sezione di codice incriminata
- Controllare i soliti ignoti (parametri, variabili globali, passaggio per indirizzo, indici out-of-bound etc.)
- Studiare le caratteristiche statistiche dell'errore
- Stampare messaggi di verifica e trace, meglio su un log file tramite opzione
- Inserire controlli sulle variabili in ingresso e sui parametri più significativi (lunghezze di liste, etc.)
- Usare il debugger...

Appendice:

Compendio di regole per la progettazione e implementazione del software in ambiente UNIX/Linux

Basi della filosofia Uni

- Il sistema operativo Unix e le sua varianti hanno il loro punto di forza in una filosofia di base nell'approcciare l'analisi ed il progetto del software
- La filosofia Unix non si basa su un metodo formale di progettazione ma piuttosto si è evoluta con un metodo bottom-up, in cui la prassi e l'esperienza hanno portato alla identificazioni di alcune “regole generali” che è bene tenere sempre a mente
- Tali regole sono utili a qualsiasi programmatore in qualsiasi ambiente di sistema operativo
- Tali regole sono esposte e spiegate nel classico *The Art of UNIX Programming* di Eric S. Raymond, uno degli sviluppatori di Unix dal 1982

La regole per la progettazione ed implementazione del SW sotto UNIX/Linux - I

1. Modularity: Write simple parts connected by clean interfaces.
2. Clarity: Clarity is better than cleverness.
3. Composition: Design programs to be connected to other programs.
4. Separation: Separate policy from mechanism; separate interfaces from engines.
5. Simplicity: Design for simplicity; add complexity only where you must.
6. Parsimony: Write a big program only when it is clear by demonstration that nothing else will do.

La regole per la progettazione ed implementazione del SW sotto UNIX/Linux - II

7. Transparency: Design for visibility to make inspection and debugging easier.
8. Robustness: Robustness is the child of transparency and simplicity.
9. Representation: Fold knowledge into data so program logic can be stupid and robust.
10. Least Surprise: In interface design, always do the least surprising thing.
11. Silence: When a program has nothing surprising to say, it should say nothing.
12. Repair: When you must fail, fail noisily and as soon as possible.

Le regole per la progettazione ed implementazione del SW sotto UNIX/Linux - III

13. Economy: Programmer time is expensive; conserve it in preference to machine time.
14. Generation: Avoid hand-hacking; write programs to write programs when you can.
15. Optimization: Prototype before polishing. Get it working before you optimize it.
16. Diversity: Distrust all claims for "one true way".
17. Extensibility: Design for the future, because it will be here sooner than you think.

Letture consigliate

Programmazione e progettazione:

- Brian W. Kernighan, Rob Pike
  The Practice of Programming
  Addison-Wesley
- Niklaus Wirth
  Algorithms + data strucures = programs
  Prentice Hall
- Linus Torvalds
  Coding Style
  nel tarball del kernel di Linux
- Richard Stallman et al.
  The GNU Coding Standard
  da http://www.gnu.org
- Eric Steven Raymond
  The Art of Unix Programming
  Addison-Wesley

Metodologia e documentazione:

- G. Polya
  How to Solve it
  Princeton Science Library
- Frederick P. Brooks,
  The Mythical Man-Month
  Addison-Wesley
- Edward R. Tufte
  Visual Explanations
  Graphics Press
- AA. VV.
  Developing Quality Technical
  Information IBM Press