

## 1' Esercitazione

<https://politecnicomilano.webex.com/meet/gianenrico.conti>

Gian Enrico Conti  
E00 - C Programming

Architettura dei Calcolatori e Sistemi Operativi 2021-22

## Topics

### Teoria:

- A. Concetto di modulo e la realizzazione in C
- B. Suddivisione del codice tra .c e .h
- C. Include guards
- D. Translation unit
- E. Flusso di compilazione

### Esercizi:

1. Esempio programma con un modulo con dati locali statici e metodi di accesso ed un file main che utilizza il modulo. Compilazione manuale
2. Suddivisione del codice tra .c e .h
3. Include guards
4. Altre direttive di preprocessore: `#if`, `#else`, `#elif`, `#endif`, `#undef`
5. Esempio di compilazione condizionale per debugging (`#ifdef DEBUG ... #endif`)
6. e definizione della macro sulla linea di comando (`-DDEBUG`)
7. Tutti i prototipi di `main()`
8. Passaggio degli argomenti e parsing “manuale” di argomenti (semplice)
9. Esempio di `getopt()`
10. Accesso all’ambiente mediante `envp` e mediante `getenv()`

## Intro to Shell - small recap

- La shell NON permette copy/paste \*
- Create sempre cartella per vs. progetti. Esempio: **mkdir** EX01
- Comandi:
  - Entrare in una cartella **cd** es: cd EX01
  - Risalire di un livello **cd..**
  - File presenti ls -la (list **all** even hidden in **list** mode)
  - Editor: nano o vi
- Primo file: nano hello.c (Ctl X per uscire da nano)
- (a parte alcune... terminal di Mac)

# Compilatore *gcc*

---

- Compilatore in grado di trasformare il codice sorgente C in codice macchina

```
gcc [options] <filename>
```

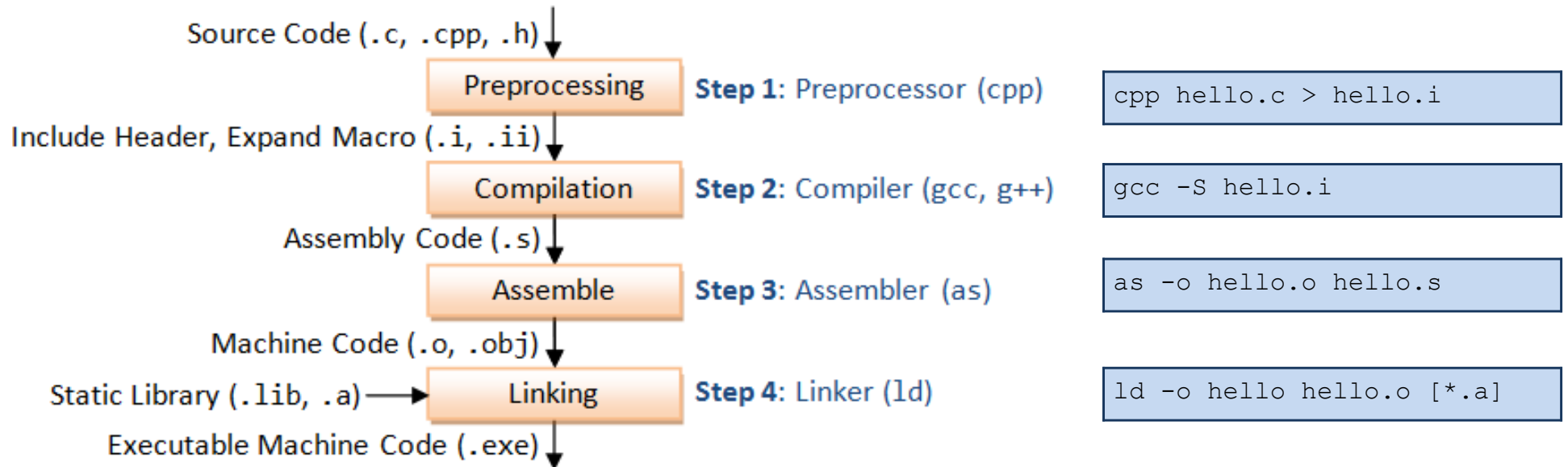
- Tra le opzioni più importanti troviamo:
  - `-o outputfile` specifica il nome del file di output
  - `-Wall` attiva tutti i warning
  - `-g` genera simboli aggiuntivi per *gdb*
  - `-v` attiva la modalità *verbose*
  - `-lm` linking libreria *math.h*
  - `-S` genera i file *assembly*
  - `-D name` Definisce *name* come macro, con definizione 1.

# Fasi della compilazione *gcc*

Come si passa da un codice sorgente C ad un programma eseguibile?

```
gcc hello.c -o hello
```

- Il compilatore GCC compie questo processo in 4 passi successivi



- L'alternativa è chiedere al GCC di salvare i file intermedi prodotti durante la compilazione

```
gcc -save-temps hello.c -o hello
```

## gcc and Shell:

- Primo file: nano hello.c (Ctl X per uscire da nano)
- gcc... (già detto..) **gcc hello.c -o hello** produrrà' un eseguibile hello (no extension needed)
- Run dell ns eseguibile: **./hello**

Nota: NON riscrivere ogni volta tutto il comando!

**"Freccia in su"** e li vedete tutti!

# Preprocessore e compilazione condizionale

---

- Il preprocessore legge un sorgente C e produce in output un altro sorgente C, dopo avere espanso in linea le macro, incluso i file e valutato le compilazioni condizionali o eseguito altre direttive.
- Il preprocessore agisce principalmente sulle keyword
  - #include
  - #define
  - ...
- Esistono direttive del preprocessore che consentono la compilazione condizionata, vale a dire la compilazione di parte del codice sorgente solo sotto certe condizioni. Questo è possibile attraverso le keyword
  - #if, #ifdef, #ifndef
  - #else, #elif
  - #endif

# Preprocessore e include: Intermediate file

```
gcc -Wall main.c -o main --save-temps
```

ls -la:

<code>main</code>	Binario (app) finale
<code>main.c</code>	Sorgente
<code>main.i</code>	Intermediate
<code>main.o</code>	Binario della compilazione modulo main
<code>main.s</code>	aSsembly

Intermediate:

```
# 1 "main.c"
# 1 "<built-in>"
# 1 "<command-line>"
# 1 "/usr/include/stdc-predef.h" 1 3 4
# 1 "<command-line>" 2
# 1 "main.c"
....
```



# Parametri *argv* e *envp*

---

## Dichiarazioni possibili

- `int main(int argc, char *argv[])`
- `int main(int argc, char *argv[], char *envp[])`
- `int main(void)`

## Significato dei parametri

- `argc`                    numero degli argomenti
- `argv`                    vettore di puntatori a char che contiene la lista dei parametri passati al main
  - `argv[0]`               restituisce sempre il nome del programma;
- `envp`                    restituisce le variabili d'ambiente

## Ritorno dal main

- Il main ritorna di default con `return 0`, se non viene specificato altro dal programmatore.
- Tradizionalmente lo standard C prevede solo due possibili stati di uscita dal main:
  - `return 0;`                    `EXIT_SUCCESS` - indica che il programma ha avuto successo
  - `return x;`    **con  $x \neq 0$**     `EXIT_FAILURE` - in pratica , il significato dei valori di ritorno diversi da zero può essere gestito dal programmatore

# Classi di memorizzazione

---

- Definiscono le regole di visibilità delle variabili e delle funzioni quando il programma è diviso su più file.
- Variabili e funzioni hanno un attributo che specifica una tra 4 classi di memorizzazione possibili.
- Le classi di memorizzazione in C possono essere:
  - *static*            allocazione di memoria e visibilità
  - *extern*            per variabili e funzioni

# Classe *static* - memoria

---

- Una variabile locale statica è una variabile di una funzione che vede associato uno spazio per tutto il tempo che il programma è in esecuzione. Una variabile statica conserva il proprio valore (anche se inaccessibile) tra una chiamata e l'altra della funzione in cui è definita. La parola riservata che specifica tale attributo è `static`

- **Esempio:** questa funzione stampa il numero di volte che è stata chiamata

```
void f(void)
{
    static int count = 0;
    ...
    printf("%d", ++count);
}
```

# Classe *static* - visibilità

---

- Un secondo uso della parola riservata `static` riguarda la possibilità di limitare la visibilità di variabili globali o funzioni. Una variabile globale o una funzione con attributo di memorizzazione `static` sono visibili esclusivamente nel file d'appartenenza a partire dal punto in cui sono dichiarate.

## Esempio: file1.c

```
void f(void)
{
    ... /* qui s non è disponibile */
}
static int s; /* variabile globale statica */
void g(void)
{
    ... /* qui s è disponibile */
}
```

## file 2.c

```
extern int s; /* errore: s non è disponibile */
void g(void)
{
    s = 2; /* errore */
}
```

# Classe *extern*

---

- L'uso dell'attributo esterno riferito a variabili locali rappresenta il modo che una funzione adotta per accedere a variabili globali definite in altri file. Una variabile locale esterna non è quindi memorizzata nel record di attivazione della funzione. La parola riservata che specifica tale attributo è `extern`
- L'attributo `extern` utilizzato nella definizione di un prototipo di funzione rappresenta un'indicazione data al compilatore che la definizione completa della funzione si trova in un altro file.

# Puntatori

---

## Operatore di referenziazione “Reference” (&) e dereferenziazione (\*)

- Utilizzando l’operatore di referenziazione, ovvero &, seguito immediatamente dal nome di una variabile è possibile estrarne l’indirizzo, ovvero referenziarla.
- Utilizzando l’operatore di “dereferenziazione”, ovvero \*, seguito immediatamente dall’indirizzo di una variabile è possibile estrarne il valore, ovvero dereferenziarla.

## Puntatore

- Un puntatore è una speciale variabile, in grado di contenere l’indirizzo di un’altra variabile
- La dichiarazione di un puntatore avviene antepoendo al nome della variabile l’operatore di dereferenziazione\*:

```
int pluto=10;    /* variabile */  
int *pippo=&pluto;    /* puntatore pippo alla variabile pluto */
```

- Il valore NULL viene utilizzato per inizializzare puntatori di qualunque tipo specificando che essi non puntano a nessuna zona di memoria esistente

**Fin qui tutto OK...**

# Puntatori

## Puntatori a funzioni

- Si dichiarano come i prototipi delle funzioni, con l'accortezza di includere il nome della funzione tra parentesi e far precedere allo stesso l'operatore di dereferenziazione

### Esempio

```
#include <stdio.h>
void myFunc(int i){
    printf("Valore: %d\n",i);
}

void (*foo) (int);

int main(){
    int i=10,j=5;
    myFunc(i);
    foo=myFunc;
    foo(j);
    (*foo)(j);
}
```

Quale delle due chiamate a foo è quella corretta? Cosa stampa foo?

→ Entrambe, una volta assegnato al puntatore di funzione l'indirizzo della funzione che si vuole chiamare non fa differenza il fatto di dereferenziare o meno il puntatore a funzione al momento della chiamata. `foo(j)` stampa 5.

# Struct, union e typedef

---

- **Struct**      Le *struct* del C sostanzialmente permettono l'aggregazione di più variabili, in modo simile a quella degli array, ma a differenza di questi non ordinata e non omogenea (una struttura può contenere variabili di tipo diverso).

```
struct <name> {  
    field1;  
    field2;  
    ...  
}
```

- **Union**      Il tipo di dato *union* serve per memorizzare (in istanti diversi) oggetti di differenti dimensioni e tipo, con, in comune, il ruolo all'interno del programma

```
union {  
    field1;  
    field2;  
    ...  
}
```

- **Typedef**      Per definire nuovi tipi di dato viene utilizzata la funzione typedef



Nota sulla "potenza" di #define:

```
#define MAX 100;

int main(void)
{
    int a = MAX
}
```

attenzione al " ; " NON e' in errore di digitazione, e' voluto!

Il codice e' legale! Il pre-processor dara'

```
int main(void)
{
    int a = 100;
}
```

Al compilatore!! (See intermediate...)

Esercizio 1: Esempio programma con un modulo con dati locali statici e metodi di accesso ed un file main che utilizza il modulo. Compilazione manuale (Ex01)

```
#include <stdio.h>
#include "lib.h"

int main(void)
{
    f();
    f();

    set_global(100);
    printf("%d\n", get_global());
    printf("%d\n", twice);
}
```

```
// lib.c

int twice = 0;
static int global = 0;

static void inc(void)
{
    global++;
    twice = global * 2;
}

void f(void)
{
    inc();
}

int get_global(void)
{
    return global;
}

void set_global(int newValue)
{
    global = newValue;
}
```

```
gcc main.c lib.c -o ex1
```



## Esercizio 2: Suddivisione del codice tra .c e .h (EX\_2)

Si noti:

```
static int counter = 0;
```

E gli "accessor" per accedere/manipolare  
la v. senza renderla globale

```
#include <stdio.h>

#include "fatt.h"
#include "counter.h"

int main()
{
    int i;

    printf("%d\n", stato());
    for(i=0;i<5;i++)
        printf( "%d\n", incfatt() );

    for(i=0;i<3;i++)
        printf( "%d\n", decfatt() );

    return 0;
}
```

```
gcc main.c fatt.c counter.c -o ex2
```

## Esercizio 3: Include guards

Esempio:

```
// struct.h

typedef struct {
    int x;
    int y;
} punto;
```

```
// LibA.h
// UsingGuards

#include "struct.h"

void DoA(punto P);
```

```
// LibB.h
// UsingGuards

#include "struct.h"

void DoB(punto P);
```

```
#include <stdio.h>
#include "LibA.h"
#include "LibB.h"

int main(int argc, const char *
argv[]) {
    punto P;
    DoA(P);
    DoB(P);
    return 0;
}
```

### Esercizio 3: Include guards

- LibA deve includer struct.h
- LibB deve includer struct.h
- Main deve includere LibA e LibB...ma

eseguiamo..

```
gcc main.c LibB.c LibA.c -o main
```

```
#include <stdio.h>
#include "LibA.h"
#include "LibB.h"

int main(int argc, const char *
argv[]) {
    punto P;
    DoA(P);
    DoB(P);
    return 0;
}
```

### Esercizio 3: Include guards II

```
./struct.h:14:3: error: typedef redefinition with different types
    ('struct punto' vs 'struct punto')
} punto;
^
./LibA.h:9:10: note: './struct.h' included multiple times, additional include
    site here
#include "struct.h"
^
LibA.c:10:10: note: './struct.h' included multiple times, additional include
    site here
#include "struct.h"
^
./struct.h:14:3: note: unguarded header; consider using #ifdef guards or #pragma
    once
} punto;
^
```

Ovviamente il pre-processor avrà' riportato nell'intermediate DUE VOLTE ..

*(Intermediate x opiu dettagli.)*

### Esercizio 3: Include guards III

**Fix:**

```
#ifndef struct_h
#define struct_h

typedef struct {
    int x;
    int y;
} punto;

#endif /* struct_h */
```

In tal modo il preprocessore "entra" solo al primo "giro": al secondo la define esiste.....

Esercizio 3: Include guards III

**Riproviamo:**

```
gcc main.c LibB.c LibA.c -o main
```

good



## Esercizio 4: Altre direttive di preprocessore: #if, #else, #elif, #endif, #undef

Due aspetti:

- predefined
- user defined

Esempi MacOS / Linux (VM)

.....

```
#if defined(WIN32) || defined(_WIN32) || defined(__WIN32__) || defined(__NT__)  
    //define something for Windows (32-bit and 64-bit, this part is common)  
    #ifdef _WIN64  
        //define something for Windows (64-bit only)  
    #else  
        //define something for Windows (32-bit only)  
    #endif  
#elif __APPLE__
```

Esercizio 5: Esempio di compilazione condizionale per debugging (#ifdef ... #endif)

```
#define N 3
//#define ALL

int main(int argc, const char * argv[]) {
    int a = 2*N;
#ifdef ALL
    float f = 1.0;
#endif
    return 0;
}
```

```
gcc -Wall --save-temps main.c -o main
```

E vediamo gli intermedi...

"Scommentiamo" la define..

Esercizio 6: e definizione della macro sulla linea di comando:

Aggiungiamo una `#define` nella CMD line:

`VERBOSE`

sara':

```
gcc -Wall -DVERBOSE main.c -o main
```

Controlliamo l' intermedio e facciamo comunque il run.

Esercizio 7: Tutti i prototipi di main()

TH:

## Dichiarazioni possibili

- `int main(int argc, char *argv[])`
- `int main(int argc, char *argv[], char *envp[])`
- `int main(void)`

### Esercizio 7:

```
//  
// Created by ing.conti on 01/03/22.  
  
#include <stdio.h>  
int main(int argc, const char * argv[]) {  
    printf("found %d arguments\n", argc);  
    int i;  
    for (i=0; i<argc; i++){  
        printf("%s\n", argv[i]);  
    }  
    return 0;  
}
```

```
./hello  
found 1 arguments  
./hello
```

Provate con:

`./hello CIAO MONDO`

3 args.. il 1' e' il nome del vs EXE.

## Esercizio 8: Passaggio degli argomenti e parsing “manuale” di argomenti (semplice)

Vogliamo leggere due numeri da cmd line e effettuare la somma

Si noti che i parametri (argv) sono STRINGHE -> atoi

Esercizio 8: Passaggio degli argomenti e parsing “manuale” di argomenti (semplice)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
```

```
int main( int argc, char* argv[] ){
    int n, m;
    if( argc != 3 ){
        printf("ERROR: %s <num1> <num2>\n", argv[0]);
        return -1;
    }
    // [0] e' il nome delle exe!
    n = atoi( argv[1] );
    m = atoi( argv[2] );

    printf("%d\n", n + m);

    return 0;
}
```

```
./sum 22 33
55
```

## Esercizio 9: Esempio di getopt()

From:

<https://man7.org/linux/man-pages/man3/getopt.3.html>

```
int
main(int argc, char *argv[])
{
    int flags, opt;
    int nsecs, tfnd;

    nsecs = 0;
    tfnd = 0;
    flags = 0;
    while ((opt = getopt(argc, argv, "nt:")) != -1) {
        switch (opt) {
            . . . . .
        }
    }
}
```



## Esercizio 10: Accesso all'ambiente mediante envp e mediante getenv()

Potremmo usare le v.

\$PATH  
\$HOME

oppure...

- `printenv`

Da cmd line x vedere le v. di ENV.

Esercizio 10B: Accesso all'ambiente mediante getenv() a v. "Nostre" da shell:

Da shell:

```
VARNAME="my value"
```

```
char * custom = getenv ("VARNAME");  
printf ("Your custom %s\n", custom);
```

NON esce...

## Esercizio 10B II

Da shell:

```
EXPORT VARNAME="my value"
```

```
char * custom = getenv ("VARNAME");  
printf ("Your custom %s\n", custom);
```

# Oltre gcc: readelf

---

Intermediate:

```
gcc -Wall main.c -o main --save-temps
```

Utile x capire inclusioni.

A livello binario: (riprendiamo esempio sui guards)

```
gcc -Wall main.c LibB.c LibA.c -o main
```

```
readelf -h main  
readelf -s main
```

...

# Oltre gcc: readelf -h headers

```
readelf -h main
```

ELF Header:

Magic:	7f 45 4c 46 02 01 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00
Class:	ELF64
Data:	2's complement, little endian
Version:	1 (current)
OS/ABI:	UNIX - System V
ABI Version:	0
Type:	EXEC (Executable file)
Machine:	Advanced Micro Devices X86-64
Version:	0x1
Entry point address:	0x4003e0
Start of program headers:	64 (bytes into file)
Start of section headers:	6688 (bytes into file)
Flags:	0x0
Size of this header:	64 (bytes)
Size of program headers:	56 (bytes)
Number of program headers:	9
Size of section headers:	64 (bytes)
Number of section headers:	31
Section header string table index:	28

# Oltre gcc: readelf -s      symbol table

---

```
readelf -s main
```

(Solo parti importanti x noi:

```
..  
37: 0000000000000000      0 FILE      LOCAL  DEFAULT  ABS main.c  
38: 0000000000000000      0 FILE      LOCAL  DEFAULT  ABS LibB.c  
39: 0000000000000000      0 FILE      LOCAL  DEFAULT  ABS LibA.c
```

# Oltre gcc: readelf -s symbol table

---

```
readelf -s main
```

Solo parti importanti x noi:

```
55: 00000000000000000000000000000000 0 NOTYPE GLOBAL DEFAULT 25
__data_start
56: 00000000000000000000000000000000 11 FUNC GLOBAL DEFAULT 14 DoA
..
68: 00000000000000000000000000000000 11 FUNC GLOBAL DEFAULT 14 DoB
69: 00000000000000000000000000000000 0 FUNC GLOBAL DEFAULT 11 __init
..
```