

# Sistemi Operativi II Modulo Progetto

Canale A-L (a.a. 2024-25)  
Scadenza: **23:59, 6 giugno 2025**

Prof. Paolo Zuliani (zuliani@di.uniroma1.it)

## 1 Obiettivo

L'obiettivo è produrre un programma ANSI C che simuli il comportamento di un semplice circuito quantistico. Essenzialmente, questo richiede di implementare il prodotto di una matrice quadrata di numeri complessi per un vettore di numeri complessi. Un circuito quantistico operante su  $n$  bit quantistici (o qubits) può essere descritto graficamente come in Figura 1, dove  $G_0, G_1, \dots, G_{k-1}$  sono  $k$  porte quantistiche a  $n$  qubits. Ogni porta  $G_j$  è descritta da una matrice di numeri complessi di dimensione  $2^n \times 2^n$ . (Le porte  $G_j$  in effetti sono matrici cosiddette *unitarie*, le cui righe e colonne sono vettori linearmente indipendenti di norma 1, ma questo non è importante per l'implementazione.) Lo stato di  $n$  qubits è descritto da un vettore di  $2^n$  numeri complessi  $(\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{2^n-1})$  la cui norma è 1, cioè  $\sum_{j=0}^{2^n-1} |\alpha_j|^2 = 1$ . Lo stato finale del circuito è  $v_{fin} = G_{k-1} \cdots G_1 \cdot G_0 \cdot v_{init}$ , dove  $\cdot$  denota il prodotto righe per colonne di matrici.

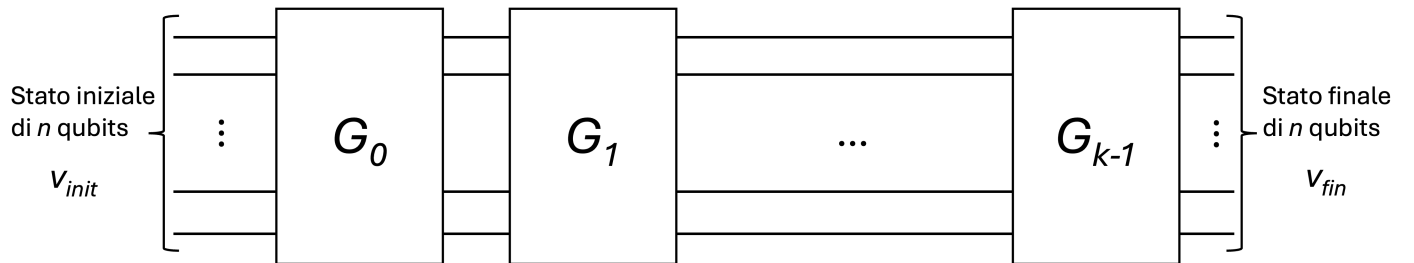


Figura 1: Un circuito quantistico con stato iniziale  $v_{init}$  e stato finale  $v_{fin}$ .

## 2 Dati in ingresso e requisiti

1. un file di testo che specifica:

- il numero  $n$  di qubits con la stringa `#qubits n` (ad esempio, per specificare 5 qubits si scriverà `#qubits 5`);
- lo stato iniziale degli  $n$  qubits con la stringa `#init  $[\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{2^n-1}]$` , dove gli  $\alpha_j$  sono numeri complessi.

2. un file di testo che specifica:

- matrici complesse di dimensione  $2^n \times 2^n$  usando una direttiva `#define`. Ad esempio, per definire la matrice

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

si scriverà `#define X [(0, 1) (1, 0)]`

- il circuito da simulare con una direttiva `#circ`. Ad esempio, per il circuito di Figura 1 con  $k = 3$  (avendo preventivamente definito `G_0`, `G_1` e `G_2` con altrettante direttive `#define` nello stesso file) si scriverà `#circ G_0 G_1 G_2`

## 3 Dati in uscita e requisiti

Il programma dovrà stampare su `stdout` lo stato finale del circuito.

## 4 Requisiti generali del progetto

- ogni file `.c/.h` dovrà essere ben commentato: per ogni funzione commentare brevemente i parametri di ingresso/uscita e il suo funzionamento generale; nel corpo di ogni funzione commentare le linee di codice più importanti;
- fornire un `makefile` per compilare il progetto invocando semplicemente `make`;
- fornire un file di testo `README` con una breve spiegazione dei file inclusi e un breve manuale utente;

- NON è ammesso l'uso di librerie esterne con funzioni per la manipolazione di stringhe, moltiplicazione di matrici e vettori, numeri complessi, etc. che non siano quelle standard del C. Eccezione: è ammesso l'uso di librerie per l'analisi delle opzioni della linea di comando per il vostro programma (ad es. <https://gflags.github.io/gflags/> o <https://www.argtable.org/>).

## 5 Suggerimenti

- usare nomi di variabili e funzioni corrispondenti al loro significato/utilizzo;
- per l'analisi della linea di comando si consiglia getopt, di uso molto semplice e che fa parte della libreria GNU standard del C;
- concentratevi prima sulla correttezza del programma, cioè assicuratevi con più matrici di input che il programma produca l'output corretto. Se avete tempo alla fine, ottimizzate il codice per uso di CPU e/o RAM, mantenendone la correttezza;

## 6 Valutazione e consegna

Il punteggio massimo è 6/30, articolato come segue:

- correttezza del programma (3/30)
- architettura del programma e commenti (2/30)
- usabilità e istruzioni utente (1/30)

Il progetto dovrà essere inviato in **un solo file .zip** tramite la pagina <https://elearning.uniroma1.it/mod/assign/view.php?id=725867>

## 7 Numeri complessi

Un numero complesso  $z$  nella *forma standard* si scrive  $z = a + ib$ , dove  $a, b$  sono numeri reali e  $i = \sqrt{-1}$  (e quindi  $i^2 = -1$ ).

Dati due numeri complessi  $z = a + ib$  e  $w = x + iy$ :

- la loro somma è  $z + w = (a + x) + i(b + y)$ ;
- il prodotto è  $zw = (ax - by) + i(ay + bx)$ ;
- il modulo di  $z$  è  $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$ .