

# Quantum Computing @ FII

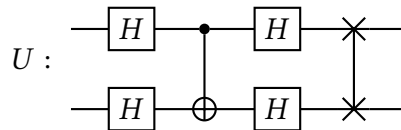
## Tema 1 - Laborator

Termen limită a temei: 19 decembrie 2024

1. (10p) Scrieți o funcție în Python care primește ca input trei vectori  $|a\rangle, |b\rangle, |c\rangle \in \mathbb{C}^2$  și returnează expresia  $|ab\rangle\langle ca|$ , unde prin  $|ab\rangle$  înțelegem  $|a\rangle \otimes |b\rangle$ .
2. (10p) Scrieți o funcție în Python care verifică dacă o matrice pătratică, cu elemente numere complexe, dată ca input,  $A$ , este unitară. Amintim că o matrice  $A$  este unitară dacă  $A^\dagger A = AA^\dagger = I_n$ .

*Indicație* Pentru a testa dacă două matrici  $A$  și  $B$  sunt egale, vom evalua:  $\|A - B\| \leq \varepsilon$ , unde  $\varepsilon$  este un număr foarte mic, numim *precizia mașină*,  $\varepsilon = 10^{-6}$ , iar  $\|\cdot\|$  reprezintă norma de matrici. Puteți utiliza orice normă matriceală implementată în biblioteca *numpy*.

3. (30p) Se consideră următorul circuit:



- a. (5p) Scrieți un program în Python care implementează circuitul de mai sus.
  - b. (10p) Afișați matricea  $U \in \mathcal{M}_4(\mathbb{C})$  asociată circuitului de mai sus și verificați că aceasta este unitară.
  - c. (10p) În circuitul  $U$  definit mai sus, adăugați o poartă Hadamard pe primul qubit, și apoi măsurați ambii qubiti. Rulați circuitul obținut de 2000 de ori (*shots=2000*) și afișați rezultatele. Reprezentați histograma corespunzătoare pentru a vizualiza rezultatele.
  - d. (5p) Inițializați starea de input de 2-qubiți  $|\psi\rangle$  cu cele patru stări ale lui Bell  $|\beta_{xy}\rangle$ . Ce rezultate obțineți și cu ce probabilitate?
4. (10p) Scrieți o funcție care având ca input o stare de 2-qubiți, determină dacă qubiții sunt entangled sau nu. Inputul va fi un vector din  $|\psi\rangle \in \mathbb{C}^4$ , iar funcția va returna TRUE dacă starea este entangled, respectiv FALSE în caz contrar.

### Observații:

- *Termenul limită pentru încărcarea temei 1 pe formular este de 19 Decembrie 2024.*
- Tema va fi realizată în Python, utilizând Qiskit, iar fisierul \*.py sau \*.ipynb (sau link-ul către Google Colab - nu uitați să dați acces) se va încărca înainte de a fi prezentat la laborator, în următorul formular <https://forms.gle/RBqq5EFdnJLmTSsF6>

În situația în care aveți mai multe fișiere de încărcat, creați o arhivă \*.zip și încărcați-o la aceeași adresă.

- Punctajul pentru tema va fi acordat, numai după prezentarea temei profesorului de laborator.
- Punctajul final al temei se împarte la 10.