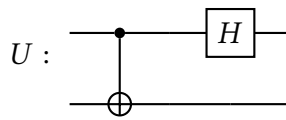


Quantum Computing 2022-2023

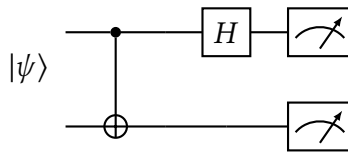
Temă - Laborator

Termen limită: 9 decembrie 2022

1. (10p) Scrieți o funcție în Python care având ca input o matrice pătratică A cu elemente complexe, returnează A^\dagger .
2. (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 $|a\rangle \otimes |b\rangle$.
3. (30p) Următorul circuit efectuează măsurarea în baza Bell:



- a. (3p) 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 ($U \cdot U^\dagger = U^\dagger \cdot U = I_4$). Pentru a testa egalitatea dintre două matrici A și B , veți afișa norma $\|A - B\|$. Puteți utiliza orice normă matriceală implementată în biblioteca numpy.
- c. (7p) Rulați circuitul următor



pe simulatorul 'qasmsimulator' de 1000 de ori și afișați rezultatele. Reprezentați și histograma corespunzătoare pentru a vizualiza rezultatele.

- d. (10p) Verificați că circuitul efectuează măsurarea în baza Bell, inițializând starea de input de 2-qubiți $|\psi\rangle$ cu stările lui Bell $|\beta_{xy}\rangle$. Ce rezultate obțineți și cu ce probabilitate?
4. (15p) Scrieți o funcție care returnează un circuit cu următoarea matrice unitară:

$$C = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

Pentru construirea circuitului utilizați doar porțile X , H și $CNOT$.

5. (15p) 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.

6. (20p) Să presupunem că aveți o stare de 3-qubiți, care se află în una din următoarele două stări

$$|\psi_0\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}}(|100\rangle + \omega^2 |010\rangle + \omega |001\rangle), \text{ sau}$$

$$|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}}(|100\rangle + \omega |010\rangle + \omega^2 |001\rangle),$$

unde $\omega = e^{i\frac{2\pi}{3}}$. Efectuați operațiile unitare necesare, respectiv măsurătorile necesare pentru a vă da seama în care dintre cele două stări se află qubitul și returnați 0 dacă qubitul este în starea $|\psi_0\rangle$ respectiv 1 dacă se afla în starea $|\psi_1\rangle$. Descrieți strategia voastră pentru a distinge cele două stări de 3-qubiți. *Starea qubitului după aplicarea porților nu este importantă.*

Observații:

- *Termenul limită pentru predarea temei este 09 Decembrie 2022.*
- 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/m9Gt2e5bVGrD5nAX9>

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.