

Kvantna računala

Saša Ilijić

Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zavod za primijenjenu fiziku

(5. listopada 2021.)



Predmet “Kvantna računala” (5. semestar preddiplomskog ili 3. semestar diplomskog studija prema programu FER3)

Motivacija fizičara pri uvođenju predmeta (DH i SI, cca. 2008.) bila je prikazati kvantnu mehaniku u zanimljivijem okruženju. Računarski aspekt se ubrzo studentima pokazao zanimljivijim te se predmet razvijao u tom smjeru.

Glavni ishod učenja:

- Vrlo općento: Steći znanja potrebna za praćenje razvoja (primjene?) kvantnih računala kroz narednih 10-ak godina
- Konkretnije: Znati pročitati i analizirati sheme jednostavnih kvantnih logičkih krugova i prepoznati elemente algoritama

Osnovna literatura:

- M. Le Bellac, *A Short Introduction to Quantum Information and Quantum Computing*, CUP, 2006.

2017. g.: IBM-ovi 5-qubitni čipovi postaju javno dostupni, eksperimente izvodimo u realnom vremenu iz učionice na FER-u

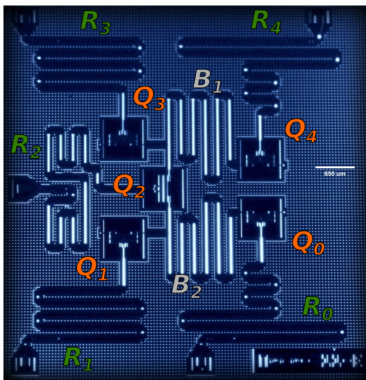
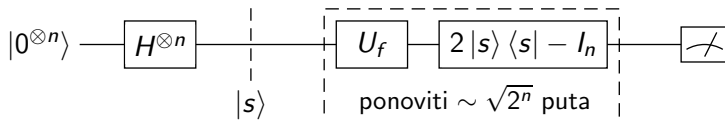
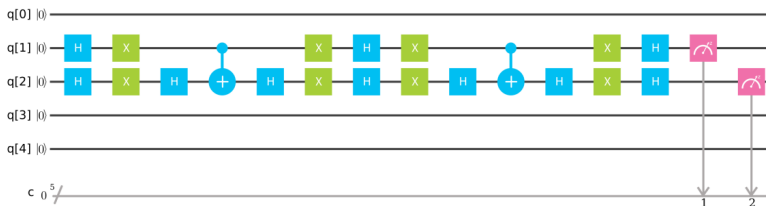


Foto: <http://quantum-computing.ibm.com>

Primjer: Logički krug Groverovog algoritma:

Implementacija u IBM Quantum Composeru: $n = 2$, $|w\rangle = |00\rangle$ 

<https://quantum-computing.ibm.com>

Prvi ciklus nastave:

- Uvod u kvantne pojave (polarizacija svjetlosti)
- Kvantna enkripcija (protokol BB84)
- Osnove kvantne mehanike
- Prikaz kvantnog bita na Blochovoj sferi
- Spregnutost u sustavu dvaju kvantnih bitova
- Realizacija kvantnog bita orijentacijom spina $1/2$

Drugi ciklus nastave:

- Formalizam kvantnog logičkog kruga
- Deutschov algoritam
- Groverov algoritam za pretragu nestrukturirane baze
- Shorov algoritam za faktORIZACIJU

Neki ključni trenuci na vremenskoj crti koja vodi prema kvantnim računalima

- 1927.: Heisenbergov princip neodređenosti
<https://doi.org/10.1007/BF01397280>
- 1935.: Spregnutost u kvantnim sustavima (EPR parakoks)
<https://doi.org/10.1103/PhysRev.47.777>
<https://doi.org/10.1017/s0305004100013554>
- 1964.: Kvantne korelacije (Bellovi identiteti)
<https://doi.org/10.1103/PhysicsPhysiqueFizika.1.195>
- 1981.: Richard Feynman ukazuje na potencijal kvantnog računanju pri simuliranju kvantnih sustava
<https://doi.org/10.1007/BF02650179>

- 1982.: Teorem o nemogućnosti “kloniranja” kvantnog stanja
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1982Natur.299..802W>
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1982PhLA...92..271D>
- 1984.: Kvantna enkripcija, protokol BB84
<http://researcher.watson.ibm.com/researcher/files/us-bennetc/BB84h>
- 1985: Deutschev algoritam
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1985RSPSA.400...97D>
- 1993.: Kvantna “teleportacija”
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1993PhRvL..70.1895B>
- 1994.: Shorov algoritam za faktORIZACIJU brojeva
<https://doi.org/10.1109/sfcs.1994.365700>
- 1996.: Groverov algoritam za pretragu nestrukturirane baze
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/arXiv:quant-ph/9605043>

- 2012.: Transmon čipovi postaju uporabljivi
- 2017.: IBM-ovi čipovi postaju dostupni javnosti
- 2019.: Google deklarira kvantnu nadmoćnost, IBM osporava
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019Natur.574..505A>