

2. predavanja

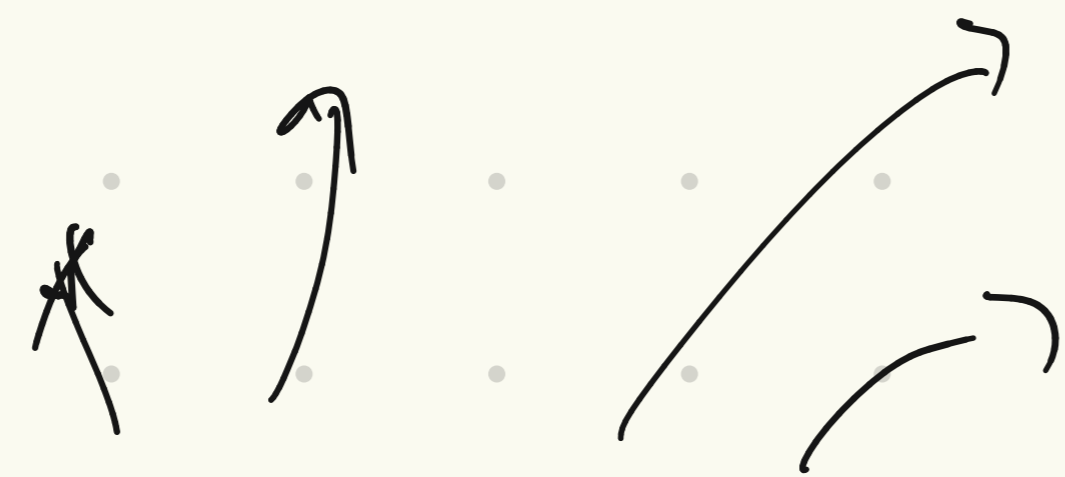
- postulati kvantne mehanike (skripta)
- Bellova nejednakost

Alice

$$|\psi\rangle = \frac{|01\rangle - |10\rangle}{\sqrt{2}}$$

$$Q = Z_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$R = X_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$



observable

Bob

$$S = \frac{-Z_2 - X_2}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} -1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T = \frac{Z_2 - X_2}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Svojstvene vrijednosti svih operatora su ± 1 , a samim time i ishodi svih mjerenja - označit ćemo ih isto sa Q, R, S, T .

→ U jednom koraku eksperimenta, Alice slučajno odabere jedno mjerenje koje će provesti (isto tako i Bob).

→ Nakon mjerenja zapišu rezultat u tablicu i ponovljaju eksperiment na novom parom qubit u stanju $|N\rangle$.

→

M	Q	R	S	T
1	1		1	
2	1			-1
3		-1	-1	
⋮				

← Eva "zna" cijelu tablicu.

Preko te tablice mogu proužimati očekivanja slučajnih

varijabli $\langle Q \cdot S \rangle$, $\langle Q \cdot T \rangle$, $\langle R \cdot S \rangle$ i $\langle R \cdot T \rangle$
očekivanja

Ekspperimenti (u zadnjih 30 dk govornu) su pokazali

da se rezultati podudaraju s očekivanjima kvantne
mehanike, vježbi

$$\langle Q \cdot S \rangle = \langle R \cdot S \rangle = \langle R \cdot T \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ dok je } \langle Q \cdot T \rangle = -\frac{1}{\sqrt{2}}$$

Primer (skripta): $\langle Q S \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Poanta: Pretpostavimo da postoji netko, Eve, tko

zna rezultate svih mogućih mjerenja (i onih koji se misa desiti) - tj. Eve zna cijelu tablicu!

(Dakle, za svaki eksperiment Eve zna četiri broja

npr. $(Q, R, S, T) = (1, -1, -1, 1) \dots$

Nije bitno kako Eve to zna ... možda ima pristup toj "boljoj" teoriji u kojoj je Einstein uvjeren.

Za svaki eksperiment (redak u tablici) ona izračuna

$$QS + RS + RT - QT = (Q+R) \cdot S + (R-Q) \cdot T \in \{-2, +2\}$$

Budući da očekivanja slučajnih varijabli QS, RS, RT i QT "eksperimentalno" postoji i podudareni se s predviđanjima

kvantne mehanike sledi i da slučajnu varijablu

$$QS + RS + RT - QT \text{ ima očekivanje}$$

$$\begin{aligned} \text{i da je ono jednako } \langle QS + RS + RT - QT \rangle &= \langle QS \rangle + \langle RS \rangle + \langle RT \rangle - \langle QT \rangle \\ &= \underline{2\sqrt{2}} > 2 \end{aligned}$$

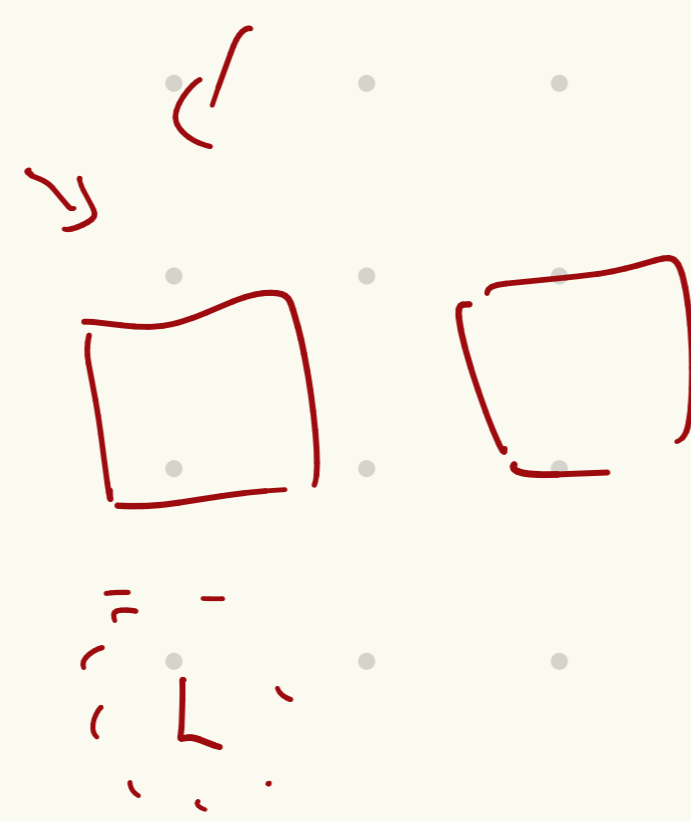
S druge strane $QS + RS + RT - QT = \pm 2$

pa očkivanyi ne more biti večje od 2!

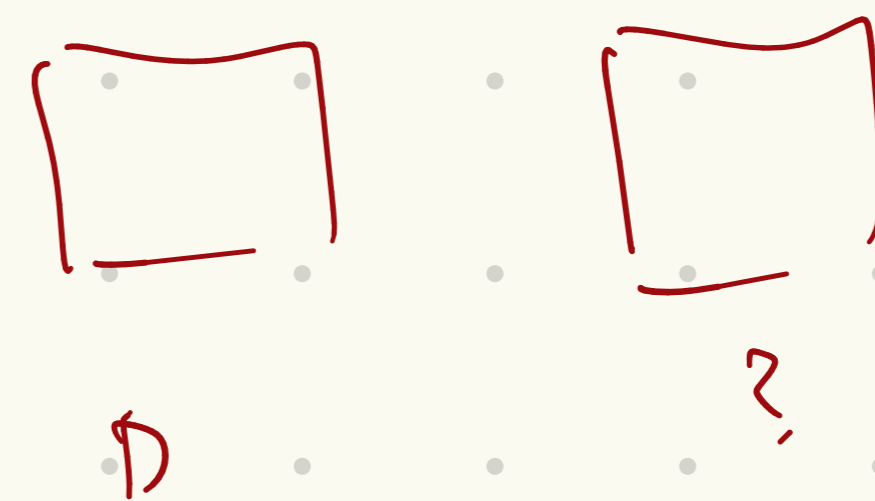
Kako je to moguće?

$$\begin{array}{r} \rightarrow \downarrow \rightarrow \downarrow \\ 1011 + 1101 \\ \hline 1000 \end{array}$$

A1.2



B1.



Univerzalnost:

U klasičnom računarstvu NAND vrata su univerzalna.

Teorem 5.4.

H, CNOT, S

"π/8 vrata"

↓

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{2\pi i/8} \end{pmatrix}$$

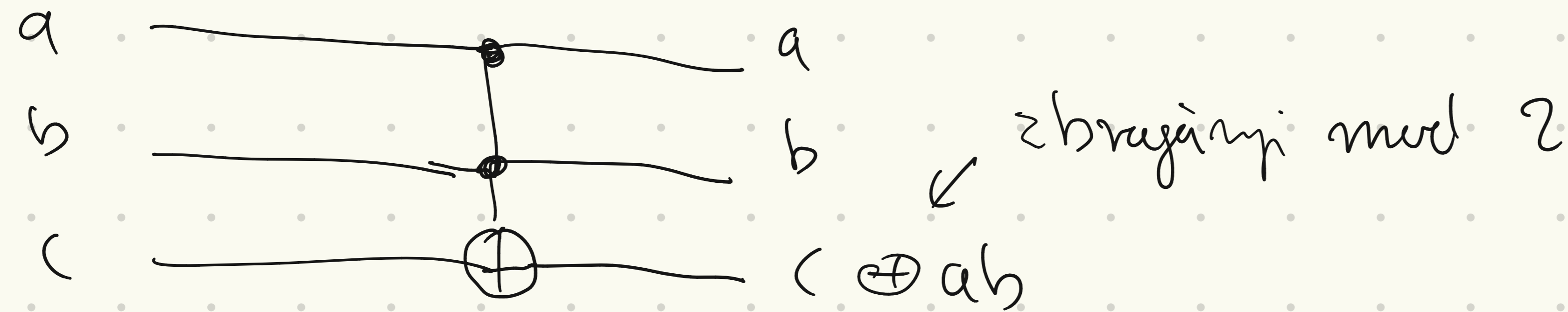
čime univerzalan sklop za kvantno računanje.

Svaki klasični program ima kvantni analogom

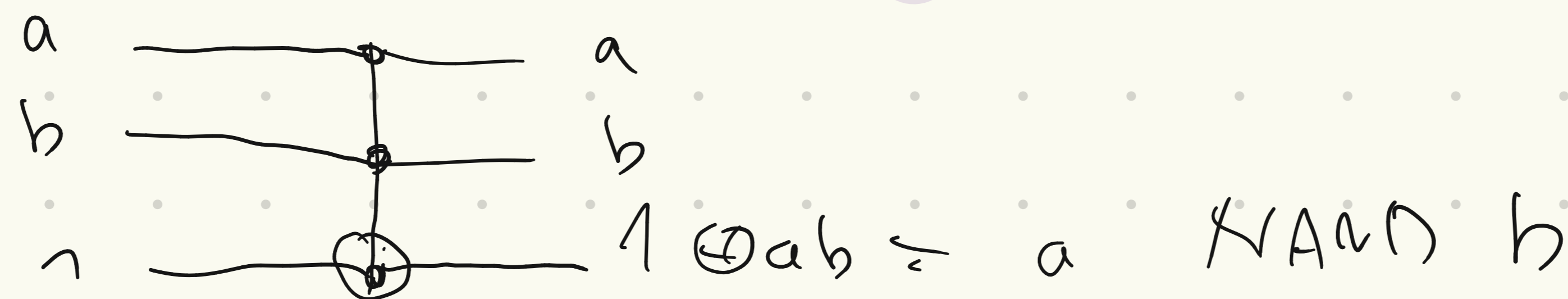
(može se prevesti u kvantni)

Nije očito jer vrata AND, OR i XOR nisu invertibilna.
NAND

ali Toffolijeva vrata jesu (i lako se provjeri da imaju kvantna maćica)



i mogu simulirati NAND vrata



pa se onda svaki klasični program (napisani kompileri Toffolijeva vrata) može "pretvoriti" u kvantni.

Kvantna Fourierova transformacija

6.3.1.

(skripta)

6.3.2. Problem određivanja faze

(skripta)

6.3.3. Određivanje rešetke elementa u $(\mathbb{Z}/N\mathbb{Z})^x$

