

PASITELKIME KVANTINIUS ALGORITMUS TELEPORTACIJOS REALIZAVIMUI

R. Čiegis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
e-mail: rc@vgtu.lt

Gegužės 20 d., 2025, Vilnius

Visi pasvajojame, kaip būtų puiku, o gal greitai taip ir bus, kai galėsime keliauti, keisti daiktus ir informacija pasitelkę kvantinės teleportacijos galimybę.

Visi pasvajojame, kaip būtų puiku, o gal greitai taip ir bus, kai galėsime keliauti, keisti daiktus ir informacija pasitelkę kvantinės teleportacijos galimybę.

Kad tokios svajos taptų labiau realistiškomis, pratęskime susipažinimą su kvantinių algoritmų pagrindais.

Visi pasvajojame, kaip būtų puiku, o gal greitai taip ir bus, kai galėsime keliauti, keistis daiktais ir informacija pasitelkę kvantinės teleportacijos galimybę.

Kad tokios svajos taptų labiau realistiškomis, pratęskime susipažinimą su kvantinių algoritmų pagrindais.

Šiandien ne tik nagrinėsime labai įdomius algoritmų teorijos klausimus, bet ir sužinosime, kaip šiuos algoritmus galima vykdyti ne tik simulatoriuose, bet ir **realiuose** (jau egzistuojančiuose) **kvantiniuose kompiuteriuose**.

Prisiminkime pagrindinius kvantinių algoritmų teorijos apibrėžimus, kuriuos sėkmingai naudojome pirmajame susitikime:

Kvantinės sistemos būseną apibrėžiame Hilberto erdvėje. Jeigu turime p kubitų, tai nagrinėjame būseną-vektorių

$$|\psi\rangle = \sum_{a=0}^{2^p-1} c_a |a\rangle, \quad c_a \in \mathbb{C}.$$

Prisiminkime pagrindinius kvantinių algoritmų teorijos apibrėžimus, kuriuos sėkmingai naudojome pirmajame susitikime:

Kvantinės sistemos būseną apibrėžiame Hilberto erdvėje. Jeigu turime p kubitų, tai nagrinėjame būseną-vektorių

$$|\psi\rangle = \sum_{a=0}^{2^p-1} c_a |a\rangle, \quad c_a \in \mathbb{C}.$$

Kvantiniame Shor'o algoritme viena iš svarbiausių buvo kvantinių skaičiavimų **spartinimo** savybė, kai atlikdami tik vieną operatoriaus U operaciją apskaičiuojame visų (taip, eksponentiškai išplečiamo skaičiaus) būsenų rezultatus (jų tiesinę kombinaciją)

$$U|\psi\rangle = \sum_{a=0}^{2^p-1} c_a U|a\rangle.$$

Čia verta prisiminti tokį posakį:

"...quantum phenomena do not occur in a Hilbert space, they occur in a laboratory."

Asher Peres

Čia verta prisiminti tokį posakį:

"...quantum phenomena do not occur in a Hilbert space, they occur in a laboratory."

Asher Peres

Jį papildyčiau dar tokiu teiginiu:

"Kvantiniai skaičiavimai nėra atliekami Hilberto erdvėje, jie vykdomi fiziniame kvantiniame kompiuteryje".

Dabar panaudosime antrąją svarbią kvantinės mechanikos teorijos savybę, kuri esmingai apibūdina šios teorijos unikalumą.

Dabar panaudosime antrąją svarbią kvantinės mechanikos teorijos savybę, kuri esmingai apibūdina šios teorijos unikalumą.

Tai kvantinių būsenų *susiejimas* (angl. [entanglement](#)).

Dabar panaudosime antrąją svarbią kvantinės mechanikos teorijos savybę, kuri esmingai apibūdina šios teorijos unikalumą.

Tai kvantinių būsenų *susiejimas* (angl. **entanglement**).

Ši savybė reiškia, kad **susietos** grupės atskiros dalelės (ir kubitai) **negali būti apibrėžtos nepriklausomai**.

Tokia savybė negalioja įprastinėse fizikos teorijose, kuriomis buvo grindžiama ir mūsų intuicija.

Imkime pirmą pavyzdį – dviejų kubitų kvantinę būseną

$$\begin{aligned} |\psi\rangle &= \frac{1}{5\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)(3|0\rangle - 4|1\rangle) \\ &= \frac{1}{5\sqrt{2}}(3|00\rangle - 4|01\rangle + 3|10\rangle - 4|11\rangle). \end{aligned}$$

Imkime pirmą pavyzdį – dviejų kubitų kvantinę būseną

$$\begin{aligned} |\psi\rangle &= \frac{1}{5\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)(3|0\rangle - 4|1\rangle) \\ &= \frac{1}{5\sqrt{2}}(3|00\rangle - 4|01\rangle + 3|10\rangle - 4|11\rangle). \end{aligned}$$

Matuosime antrojo kubito reikšmę.

Jeigu gausime 0, tai turėsime tokią dviejų kubitų būseną

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)|0\rangle,$$

jeigu gausime 1, tai turėsime dviejų kubitų būseną

$$|\psi\rangle = -\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)|1\rangle.$$

Matome, kad pirmojo kubito būseną po atlikto antrojo kubito matavimo nepasikeitė ir nepriklauso nuo matavimo rezultato, taigi abu kubitai yra **nepriklausomi**.

Imkime antrą pavyzdį, kurį sukonstravo Einstein, Podolsky ir Rosen (tai garsioji EPR būseną)

$$|\psi^0\rangle := \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle).$$

Imkime antrą pavyzdį, kurį sukonstravo Einstein, Podolsky ir Rosen (tai garsioji EPR būseną)

$$|\psi^0\rangle := \frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle + |11\rangle).$$

Tai vėl dviejų kubitų būseną ir ji atrodo daug paprasčiau, nei būseną iš pirmojo pavyzdžio

$$|\psi\rangle = \frac{1}{5\sqrt{2}} (3|00\rangle - 4|01\rangle + 3|10\rangle - 4|11\rangle).$$

Imkime antrą pavyzdį, kurį sukonstravo Einstein, Podolsky ir Rosen (tai garsioji EPR būseną)

$$|\psi^0\rangle := \frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle + |11\rangle).$$

Tai vėl dviejų kubitų būseną ir ji atrodo daug paprasčiau, nei būseną iš pirmojo pavyzdžio

$$|\psi\rangle = \frac{1}{5\sqrt{2}} (3|00\rangle - 4|01\rangle + 3|10\rangle - 4|11\rangle).$$

Bet koks apgaulingas gali būti šis išorinis paprastumas.

Vēl matuosime antrojo kubito reikšmē.

Jeigu gausime 0, tai turēsime tokiā dviejū kubitū būsena

$$|\psi^0\rangle = |00\rangle,$$

jeigu gausime 1, tai turēsime dviejū kubitū būsena

$$|\psi^0\rangle = |11\rangle.$$

Vėl matuosime antrojo kubito reikšmę.

Jeigu gausime 0, tai turėsime tokią dviejų kubitų būseną

$$|\psi^0\rangle = |00\rangle,$$

jeigu gausime 1, tai turėsime dviejų kubitų būseną

$$|\psi^0\rangle = |11\rangle.$$

Taigi išmatavę antrojo kubito reikšmę ir net neatlikę papildomo matavimo žinome ir pirmojo kubito reikšmę. Beje, abu kubitai gali būti labai, labai toli nutolę vienas nuo kito. Kubitai yra susieti, koreliacija tarp jų lygi 1.

Vėl matuosime antrojo kubito reikšmę.

Jeigu gausime 0, tai turėsime tokią dviejų kubitų būseną

$$|\psi^0\rangle = |00\rangle,$$

jeigu gausime 1, tai turėsime dviejų kubitų būseną

$$|\psi^0\rangle = |11\rangle.$$

Taigi išmatavę antrojo kubito reikšmę ir net neatlikę papildomo matavimo žinome ir pirmojo kubito reikšmę. Beje, abu kubitai gali būti labai, labai toli nutolę vienas nuo kito.

Kubitai yra susieti, koreliacija tarp jų lygi 1.

Neklauskite kodėl taip yra, tiesiog taip surėdyta GAMTA, o mes iš šios teorijos žinome rezultatą, kurį gausime atlikę eksperimentą (matavimą).

Two particles instantaneously influenced each other at a distance, thus violating the principle of locality.

Two particles instantaneously influenced each other at a distance, thus violating the principle of locality.

EPR group therefore suggested that the Quantum Mechanics was an incomplete theory and there was some other hidden variable to be searched for.

Two particles instantaneously influenced each other at a distance, thus violating the principle of locality.

EPR group therefore suggested that the Quantum Mechanics was an incomplete theory and there was some other hidden variable to be searched for.

Remiantis dabartiniu mokslo lygiu galime tvirtinti, kad **A. Einstein buvo neteisus**, šio eksperimentinio įrodymo autoriams skirta **Nobelio premija**.

Dabar panagrinėsime algoritmą, kuriame susiejimo procesas ir yra pagrindinis variklius, leidžiantis gauti labai netrivialų rezultatą, kurio niekas nemoka gauti be šio efekto panaudojimo.

Dabar panagrinėsime algoritmą, kuriame susiejimo procesas ir yra pagrindinis variklius, leidžiantis gauti labai netrivialų rezultatą, kurio niekas nemoka gauti be šio efekto panaudojimo.

Gera žinoma, kad kvantinės mechanikos teorija neleidžia kopijuoti nežinomos kvantinės būsenos (dalelės). Toks draudimas prognozuoja daug problemų, kai bandome sudaryti bet kokius kvantinius algoritmus.

Dabar panagrinėsime algoritmą, kuriame susiejimo procesas ir yra pagrindinis variklius, leidžiantis gauti labai netrivialų rezultatą, kurio niekas nemoka gauti be šio efekto panaudojimo.

Gera žinoma, kad kvantinės mechanikos teorija neleidžia kopijuoti nežinomos kvantinės būsenos (dalelės). Toks draudimas prognozuoja daug problemų, kai bandome sudaryti bet kokius kvantinius algoritmus.

Prisiminkite paskutinį algoritmą, kurį patys programavote šiomis dienomis.

Esu tikras, kad oi kiek daug, daug kartų Jums teko kopijuoti informaciją.

Dabar panagrinėsime algoritmą, kuriame susiejimo procesas ir yra pagrindinis varikliukas, leidžiantis gauti labai netrivialų rezultatą, kurio niekas nemoka gauti be šio efekto panaudojimo.

Gera žinoma, kad kvantinės mechanikos teorija neleidžia kopijuoti nežinomos kvantinės būsenos (dalelės). Toks draudimas prognozuoja daug problemų, kai bandome sudaryti bet kokius kvantinius algoritmus.

Prisiminkite paskutinį algoritmą, kurį patys programavote šiomis dienomis.

Esu tikras, kad oi kiek daug, daug kartų Jums teko kopijuoti informaciją.

Spręskime šiek tiek kitokį uždavinį – norime dalelę (**nežinomą** kvantinę būseną, t.y. informaciją) perkelti į kitą vietą. Ar galimas tokio modifikuoto uždavinio sprendimas (taip, tai ir bus legendomis apipinta **teleportacija**).

Dabar žingsnelis po žingsnelio pateiksime algoritmą, skaičiuosime tarpinius rezultatus ("ant popieriaus") ir, svarbiausia, realizuosime algoritmą imdami populiary IBM programavimo įrankį **QisKit**.

Qiskit is an open-source software development kit for working with quantum computers at the level of circuits, pulses, and algorithms.

Dabar žingsnelis po žingsnelio pateiksime algoritmą, skaičiuosime tarpinius rezultatus ("ant popieriaus") ir, svarbiausia, realizuosime algoritmą imdami populiary IBM programavimo įrankį **QisKit**.

Qiskit is an open-source software development kit for working with quantum computers at the level of circuits, pulses, and algorithms.

Įrankis realizuotas Python pagrindu, taigi nekils problemų norint suprasti algoritmo instrukcijų aprašus.

Dabar žingsnelis po žingsnelio pateiksime algoritmą, skaičiuosime tarpinius rezultatus ("ant popieriaus") ir, svarbiausia, realizuosime algoritmą imdami populiary IBM programavimo įrankį **QisKit**.

Qiskit is an open-source software development kit for working with quantum computers at the level of circuits, pulses, and algorithms.

Įrankis realizuotas Python pagrindu, taigi nekils problemų norint suprasti algoritmo instrukcijų aprašus.

1. Programuosime naudodami funkcinio programavimo paradigmą.
2. Kvantiniai algoritmai yra lygiagretieji pagal jų fizinę prigimtį ir matematinį apibrėžimą.

Todėl svarbios yra ir lygiagrečiųjų algoritmų technikos.

3. Algoritmų pateikimui labai patogų naudoti blokų-schemas (jos buvo labai populiarios prieš 50 metų, prisiminkite D. Knuth enciklopedines knygas-monografijas).

Teleportacijos algoritmas

1. Deklaruojame 3 kvantinius registrus (kaip visada juose po vieną kubitą turi mūsų draugai Alice ir Bobas). Pirmasis registras irgi priklauso Alice, ji jame saugos dar vieną kubitą Q , kurio būsenos net ir pati Alice nežino.

Mūsų tikslas yra padėti Alice perduoti Q jos draugui Bobui.

Teleportacijos algoritmas

1. Deklaruojame 3 kvantinius registrus (kaip visada juose po vieną kubitą turi mūsų draugai Alice ir Bobas). Pirmasis registras irgi priklauso Alice, ji jame saugos dar vieną kubitą Q , kurio būsenos net ir pati Alice nežino.

Mūsų tikslas yra padėti Alice perduoti Q jos draugui Bobui.

2. Deklaruojame 2 klasikinius registrus, juose Alice saugos matavimo rezultatus, kuriuos įprastiniu tinklu (gal šviesolaidiniu internetu) ji persiųs Bobui.

#Required imports

```
from qiskit import QuantumCircuit, QuantumRegister,  
ClassicalRegister
```

```
from qiskit.quantum_info import Statevector, Operator
```

```
qubit = QuantumRegister(1, "Q")
```

```
ebit0 = QuantumRegister(1, "A")
```

```
ebit1 = QuantumRegister(1, "B")
```

```
a = ClassicalRegister(1, "a")
```

```
b = ClassicalRegister(1, "b")
```

```
protocol = QuantumCircuit(qubit, ebit0, ebit1, a, b)
```

Q —

A —

B —

a $\frac{1}{\text{—}}$

b $\frac{1}{\text{—}}$

Fig1. Registrai – pradinė informacija.

Q —

A —

B —

a $\frac{1}{\text{---}}$

b $\frac{1}{\text{---}}$

Fig1. Registrai – pradinė informacija.

Trijų kubitų būsenos užrašymo tvarka Qiskit yra nuo apatinio registro aukštyn:

$$|BAQ\rangle.$$

Pradinės susietų (entangled) kubitų A ir B būsenos generavimas

Alice savo eKubitui pritaiko kvantinius vartus H :

$$\begin{aligned}H : |0\rangle &\rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle), \\|1\rangle &\rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle).\end{aligned}$$

Pradinės susietų (entangled) kubitų A ir B būsenos generavimas

Allice savo eKubitui pritaiko kvantinius vartus H :

$$\begin{aligned}H : |0\rangle &\rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle), \\|1\rangle &\rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle).\end{aligned}$$

Tada Allice ir Bobas kartu savo eKubitams atlieka $CNOT$ operaciją:

$$CNOT(q_1, q_2) : |q_2 q_1\rangle \rightarrow |q_2 \oplus q_1, q_1\rangle.$$

Pradinės susietų (entangled) kubitų A ir B būsenos generavimas

Allice savo eKubitui pritaiko kvantinius vartus H :

$$\begin{aligned}H : |0\rangle &\rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle), \\|1\rangle &\rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle).\end{aligned}$$

Tada Allice ir Bobas kartu savo eKubitams atlieka $CNOT$ operaciją:

$$CNOT(q_1, q_2) : |q_2 q_1\rangle \rightarrow |q_2 \oplus q_1, q_1\rangle.$$

$$I \otimes H \otimes I |00Q\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} |0\rangle (|0\rangle + |1\rangle) |Q\rangle,$$

$$CNOT(eb0, eb1) \otimes I \frac{1}{\sqrt{2}} (|00\rangle + |01\rangle) |Q\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} (|00, Q\rangle + |11, Q\rangle).$$

Šio žingsnio Qiskit realizacija:

```
protocol.h(ebit0)  
protocol.cx(ebit0, ebit1)  
protocol.barrier()
```

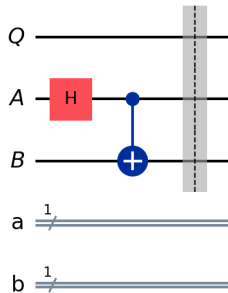


Fig2. Pradinės susietų (entangled) kubitų A ir B būsenos generavimas.

Allice modifikuoja/susieja jos du kubitus Q ir A

Ji susieja kubitus Q ir A : $CNOT(Q, ebit0)$,

Allice modifikuoja/susieja jos du kubitus Q ir A

Ji susieja kubitus Q ir A : $CNOT(Q, ebit0)$,
po to praleidžia Q kubitą pro kvantinius vartus H .

Allice modifikuoja/susieja jos du kubitus Q ir A

Ji susieja kubitus Q ir A : $CNOT(Q, ebit0)$,
po to praleidžia Q kubitą pro kvantinius vartus H .

Gauname tokią trijų kubitų būseną:

$$I \otimes CNOT(Q, ebit0) \frac{1}{\sqrt{2}} \left(|00\rangle (\alpha |0\rangle + \beta |1\rangle) + |11\rangle (\alpha |0\rangle + \beta |1\rangle) \right) \\ \rightarrow \frac{\alpha}{\sqrt{2}} |000\rangle + \frac{\beta}{\sqrt{2}} |011\rangle + \frac{\alpha}{\sqrt{2}} |110\rangle + \frac{\beta}{\sqrt{2}} |101\rangle$$

Allice modifikuoja/susieja jos du kubitus Q ir A

Ji susieja kubitus Q ir A : $CNOT(Q, ebit0)$,
po to praleidžia Q kubitą pro kvantinius vartus H .

Gauname tokią trijų kubitų būseną:

$$I \otimes CNOT(Q, ebit0) \frac{1}{\sqrt{2}} \left(|00\rangle (\alpha |0\rangle + \beta |1\rangle) + |11\rangle (\alpha |0\rangle + \beta |1\rangle) \right) \\ \rightarrow \frac{\alpha}{\sqrt{2}} |000\rangle + \frac{\beta}{\sqrt{2}} |011\rangle + \frac{\alpha}{\sqrt{2}} |110\rangle + \frac{\beta}{\sqrt{2}} |101\rangle$$

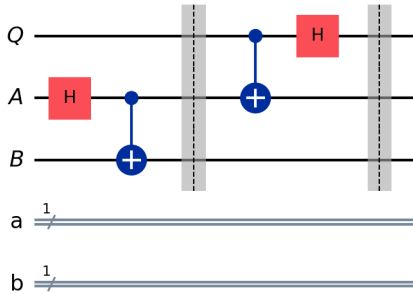
$$I \otimes I \otimes H \left[\frac{\alpha}{\sqrt{2}} |000\rangle + \frac{\beta}{\sqrt{2}} |011\rangle + \frac{\alpha}{\sqrt{2}} |110\rangle + \frac{\beta}{\sqrt{2}} |101\rangle \right] \\ \rightarrow \frac{\alpha}{2} (|000\rangle + |001\rangle) + \frac{\beta}{2} (|010\rangle - |011\rangle) \\ + \frac{\alpha}{2} (|110\rangle + |111\rangle) + \frac{\beta}{2} (|100\rangle - |101\rangle)$$

Šio žingsnio Qiskit realizacija:

protocol.cx(Q, ebit0)

protocol.h(Q)

protocol.barrier()



Dabar **tik sugrupuosime** gautas būsenas

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha}{2} (|000\rangle + |001\rangle) + \frac{\beta}{2} (|010\rangle - |011\rangle) \\ & + \frac{\alpha}{2} (|110\rangle + |111\rangle) + \frac{\beta}{2} (|100\rangle - |101\rangle) \\ & = \frac{1}{2} [(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) |00\rangle + (\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) |01\rangle \\ & \quad + (\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) |10\rangle + (\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle) |11\rangle]. \end{aligned}$$

Dabar tik sugrupuosime gautas būsenas

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha}{2} (|000\rangle + |001\rangle) + \frac{\beta}{2} (|010\rangle - |011\rangle) \\ & + \frac{\alpha}{2} (|110\rangle + |111\rangle) + \frac{\beta}{2} (|100\rangle - |101\rangle) \\ & = \frac{1}{2} [(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle)|00\rangle + (\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle)|01\rangle \\ & \quad + (\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle)|10\rangle + (\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle)|11\rangle]. \end{aligned}$$

Matome, Bobo turimas kubitas jau sutampa su $|Q\rangle$, kai Alice abu kubitai yra būsenoje $|00\rangle$.

Dabar tik sugrupuosime gautas būsenas

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha}{2} (|000\rangle + |001\rangle) + \frac{\beta}{2} (|010\rangle - |011\rangle) \\ & + \frac{\alpha}{2} (|110\rangle + |111\rangle) + \frac{\beta}{2} (|100\rangle - |101\rangle) \\ & = \frac{1}{2} [(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle)|00\rangle + (\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle)|01\rangle \\ & \quad + (\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle)|10\rangle + (\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle)|11\rangle]. \end{aligned}$$

Matome, Bobo turimas kubitas jau sutampa su $|Q\rangle$, kai Alice abu kubitai yra būsenoje $|00\rangle$.

Kitais atvejais, kai Alice kubitų būseną yra $|ab\rangle$, tai Bobas taiko šią veiksmų seką savo kubitui:

Dabar tik sugrupuosime gautas būsenas

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha}{2} (|000\rangle + |001\rangle) + \frac{\beta}{2} (|010\rangle - |011\rangle) \\ & + \frac{\alpha}{2} (|110\rangle + |111\rangle) + \frac{\beta}{2} (|100\rangle - |101\rangle) \\ & = \frac{1}{2} [(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle)|00\rangle + (\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle)|01\rangle \\ & \quad + (\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle)|10\rangle + (\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle)|11\rangle]. \end{aligned}$$

Matome, Bobo turimas kubitas jau sutampa su $|Q\rangle$, kai Alice abu kubitai yra būsenoje $|00\rangle$.

Kitais atvejais, kai Alice kubitų būseną yra $|ab\rangle$, tai Bobas taiko šią veiksmų seką savo kubitui:

1. Jeigu $a = 1$, tai kubitas praleidžiamas per kvantinius vartus X (neigimo operacija)
2. Jeigu $b = 1$, tai kubitas praleidžiamas per kvantinius vartus Z (pakeičiamas ženklas prie $|1\rangle$).

Šio žingsnio Qiskit realizacija:

#Alice measures and sends classical bits to Bob

```
protocol.measure(ebit0, a)
protocol.measure(qubit, b)
protocol.barrier()
```

#Bob uses the classical bits to conditionally apply gates

```
with protocol.if_test((a, 1)):
    protocol.x(ebit1)
with protocol.if_test((b, 1)):
    protocol.z(ebit1)
```

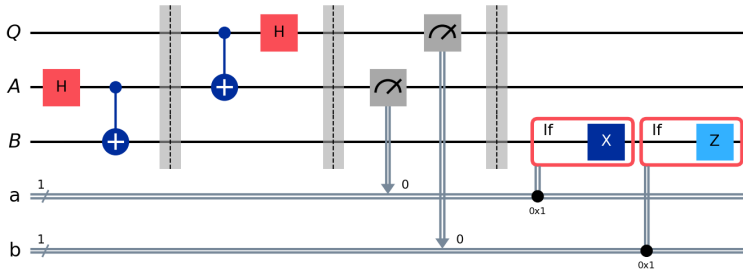


Fig4. Bobo veiksmai, kai jis modifikuoja savo kubitą B , kad jis sutaptų su Q .

For the first time ever, researchers demonstrate quantum teleportation over fiber-optic cables (classical cables).

<https://www.thebrighterside.news/post/for-the-first-time-ever-researchers-demonstrate-quantum-teleportation-over-fiber-optic-cables/>

Tuo pačiu optiniu kabeliu perduodama klasikinė informacija ir kitu bangos ilgiu perduodama kvantinė informacija. Jos perdavimas vyksta panaudojant susietų fotonų teleportaciją. Eksperimentai sėkmingai atlikti vykdant teleportaciją iki 30 km atstumu.

For the first time ever, researchers demonstrate quantum teleportation over fiber-optic cables (classical cables).

<https://www.thebrighterside.news/post/for-the-first-time-ever-researchers-demonstrate-quantum-teleportation-over-fiber-optic-cables/>

Tuo pačiu optiniu kabeliu perduodama klasikinė informacija ir kitu bangos ilgiu perduodama kvantinė informacija. Jos perdavimas vyksta panaudojant susietų fotonų teleportaciją. Eksperimentai sėkmingai atlikti vykdant teleportaciją iki 30 km atstumu.

By performing a destructive measurement on two photons - one carrying a quantum state and one entangled with another photon - the quantum state is transferred onto the remaining photon, which can be very far away.

For the first time ever, researchers demonstrate quantum teleportation over fiber-optic cables (classical cables).

<https://www.thebrighterside.news/post/for-the-first-time-ever-researchers-demonstrate-quantum-teleportation-over-fiber-optic-cables/>

Tuo pačiu optiniu kabeliu perduodama klasikinė informacija ir kitu bangos ilgiu perduodama kvantinė informacija. Jos perdavimas vyksta panaudojant susietų fotonų teleportaciją. Eksperimentai sėkmingai atlikti vykdant teleportaciją iki 30 km atstumu.

By performing a destructive measurement on two photons - one carrying a quantum state and one entangled with another photon - the quantum state is transferred onto the remaining photon, which can be very far away.

Teleportation allows the exchange of information over great distances without requiring the information itself to travel that distance.