

Základy forenzních databází

Tereza Uhlíková

verze y25

Kdo jsem

Tereza Uhlíková

Ústav analytické chemie

skupina teoretické spektroskopie

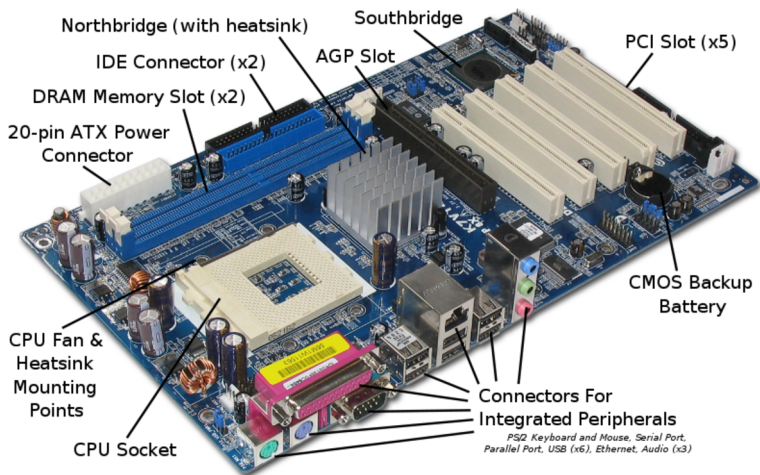
místnost B4335

<https://web.vscht.cz/~uhlikovt/>

tereza.uhlikova@vscht.cz

Pamatujete?

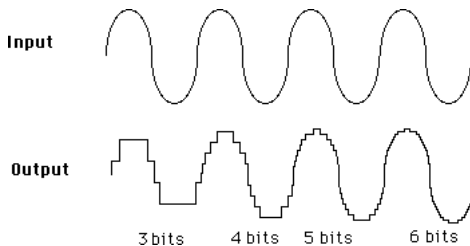
motherboard



Záznam a jednotka informace

jednotka

bit - rozhodnutí mezi dvěma alternativami (0, 1) binární hodnota



Byte - 8 bitů

? kolik různých hodnot může obsahovat 1B ?

Kódování

Morseova abeceda, Braillovo písmo, ...

zakódování X různých znaků = X různých dvojkových čísel

1 znak = 1 B

textová - znaková sada

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) - 7bitový,

128 znaků, jeden znak jeden byte

UNICODE - UTF-8 - až 4B

RSA šifra

RSA (Rivest–Shamir–Adleman) je asymetrický šifrovací algoritmus založený na rozkladu velkých čísel na prvočísla.

asymetrický - každý uživatel má pár klíčů: veřejný (zašifrování) a soukromý (dešifrování), jeden klíč nelze snadno odvodit z druhého.

rozkladu čísel na prvočísla: $15 = 3 \cdot 5$; $2800 = 2^4 \cdot 5^2 \cdot 7$

Kolik je prvočísel?

Jak jsou rozmístěna mezi reálnými čísly?

Prvočíselná věta - přibližně popisuje rozmístění prvočísel mezi přirozenými čísly

<https://www.geogebra.org/m/nhg2JjzV>

<https://mathworld.wolfram.com/PrimeSpiral.html>

→ neexistuje efektivní algoritmus pro klasický počítač

→ složitost sub-exponenciální $O(\exp^N)$

Exkluzivní disjunkce (XOR)

exkluzivní disjunkce

$$a \oplus b = \neg(a \leftrightarrow b) = (a \vee b) \wedge \neg(a \wedge b) = (a \vee b) \wedge (\neg a \vee \neg b) = (a \wedge \neg b) \vee (\neg a \wedge b)$$

opak ekvivalence tedy neekvivalence

šifrování pomocí funkce XOR

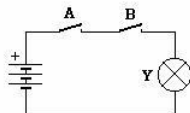
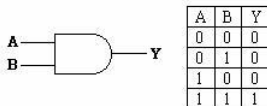
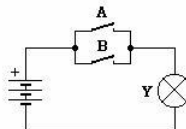
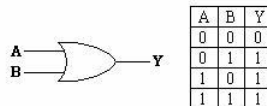
Vstupní text:	0111011010101	text(a)
Klíč:	1011000100100	náhodné bity(b)
$a \oplus b$		
Výsledek XOR:	1100011110001	zašifrovaný text

symetrického šifrování - data se kombinují s klíčem pomocí logické operace k vytvoření šifrovaného textu. Klíčem je proud náhodných bitů (použit k šifrování dat po jednotlivých bitech nebo blocích)

Pravdivostní tabulky

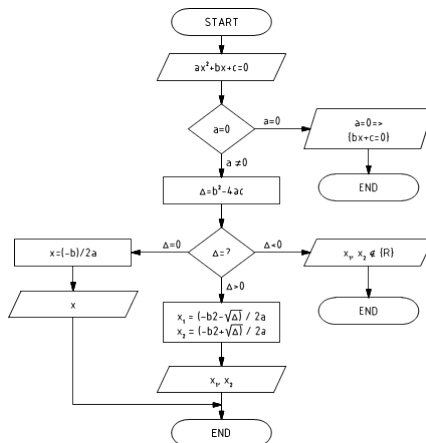
a	b	$a \wedge b$	$a \vee b$	$\neg a$	$a \rightarrow b$	$a \leftrightarrow b$	$a \oplus b$
0	0	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1	0

Hradla

AND**OR**

Zápis algoritmů

vývojové diagramy (grafický zápis) - orientovaný graf



- jednotlivé kroky jsou vyjádřeny grafickými symboly dle typu operace
- posloupnost vykonávání kroků je vyjádřena orientovanou hranou

Vlastnosti algoritmu

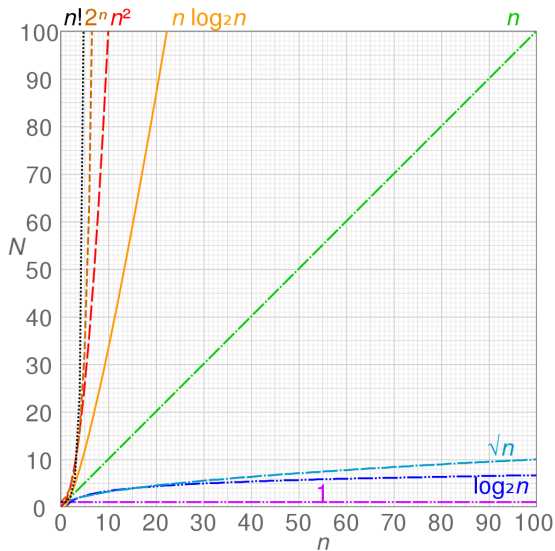
Vlastnosti algoritmů

- rezultativost (výsledkovost) - vydá výsledek
- elementárnost (jednoduchost) – skládá se z konečného počtu jednoduchých kroků
- determinovanost (jednoznačnost) – po každém kroku lze rozhodnout, zda proces skončil
- finitnost (konečnost) – počet kroků algoritmu je konečný

Další vlastnosti algoritmů

- korektnost (správnost) - správný výsledek
- univerzálnost (obecnost, hromadnost) - lze jej použít pro řešení více podobných úloh
- efektivita (úspornost) - rychlejší a pamětově méně náročné

Porovnání funkcí složitosti



10 Data Structures Used in Daily Life



Data Structure	Illustration	Use Cases
List		Twitter feeds
Array		Math operations Large data sets
Stack		Undo/Redo of word editor
Queue		Printer jobs User actions in game
Heap		Task scheduling
Tree		HTML document AI decision
Suffix Tree		Search string in document
Graph		Friendship tracking Path finding
R-tree		Nearest neighbour
Hash Table		Caching systems

Porovnání

Struktura	Přístup k prvku	Vložení	Vyhledání	Poznámka
Pole	$O(1)$	$O(n)$	$O(n)$	pevná délka
Seznam	$O(n)$	$O(1)$	$O(n)$	flexibilní, ale pomalejší
Strom	$O(\log n)$	$O(\log n)$	$O(\log n)$	např. binární, B-strom
Heš	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	závisí na hashovací funkci
Graf	$O(V+E)$	-	$O(V+E)$	závisí na počtu uzlů a hran

Co bude dnes

- Proč kvantové počítače
- Hardware
- qubit
- Základní principy - superpozice, provázanost, interference
- Využití, užitečné algoritmy pro vyhledávání
- Problémy

Co je to kvantový počítač

Co je to kvantový počítač

- Kvantový počítač není superpočítač, který dokáže všechno dělat rychleji. Ale počítač pracující na jiném principu.
- Do kvantového stavu molekuly můžeme zaznamenat informaci.
- Kvantové vlastnosti částic jsou využity pro reprezentaci a strukturu dat a kvantové jevy pak slouží k výkonu operací s těmito daty.

Co je to kvantový počítač

- Kvantový počítač není superpočítač, který dokáže všechno dělat rychleji. Ale počítač pracující na jiném principu.
- Do kvantového stavu molekuly můžeme zaznamenat informaci.
- Kvantové vlastnosti částic jsou využity pro reprezentaci a strukturu dat a kvantové jevy pak slouží k výkonu operací s těmito daty.

Může být v mnoho stavech v jednom čase (superpozice, provázanost, interference).

×

Klasický může být pouze v jednom stavu v jednom čase.

Akcie kvantových počítačů

2 Quantum Computing Stocks to Buy Before They Soar 128% and 132%, According to Certain Wall Street Analysts

By [Trevor Jennewine](#) – Nov 25, 2025 at 3:45AM

 Summarize with AI

 Share

 Follow

These Wall Street analysts expect a windfall for IonQ and D-Wave Quantum shareholders.

Wall Street is nearly as excited about quantum computing as artificial intelligence (AI), and certain analysts expect triple-digit returns in **IonQ (IONQ +12.49%)** and **D-Wave Quantum (QBTS +13.23%)** during the next 12 months, as detailed below:

kybernetickou
bezpečnost

NÚKIB

KYBERNETICKÁ BEZPEČNOST

OCHRANA UI V ICT

GALILEO PRS

KONTAKTY

[NÚKIB](#) > [Infoservis](#) > [Aktuality](#)

> NÚKIB připravil podpůrné materiály pro ochranu před hrozbou v podobě kvantových počítačů

NÚKIB připravil podpůrné materiály pro ochranu před hrozbou v podobě kvantových počítačů

21. červenec 2023

Kvantové počítače zažívají v současné době velký rozmach. S rozvojem jejich schopností ovšem nabírá stále větších a konkrétnějších rozměrů také hrozba, kterou kvantové počítače představují pro současné kryptografické standardy v oblasti kybernetické bezpečnosti. V reakci na to Národní úřad pro kybernetickou a informační bezpečnost (NÚKIB) připravil tři

kyber hrozby

HN.cz > Byznys

 Sdílet Odemknout známému

Jako by měl celý svět jedno heslo: Bezpečnost dat ohrožují kvantové počítače



Jan Beránek redaktor týdeníku Ekonom

2. 11. 2025 12:30 • 9 min. čtení ► [PŘEHRÁT ČLÁNEK](#) ODEBÍRAT AUTORA

Kvantová nadřazenost

Home > Zprávičky

Google tvrdí, že jeho kvantový počítač dosáhl tzv. kvantové nadřazenosti

ČTK — 24. 10. 2019 | Zprávičky



Česká republika - Ostrava

Nepotřebuje roky, vše spočítá za minuty. Česko má první kvantový počítač



Pavel Karban, Richard Novák

vybrat autory ke sledování ▾



4:29



Poslechněte si tento článek



Sdílet



129

23. 9. 2025, 15:57 • Ostrava

Využití v chemii

Science

ScienceAdvances

Current Issue First release papers Archive About

HOME > SCIENCE ADVANCES > VOL. 9, NO. 9 > GRID-BASED METHODS FOR CHEMISTRY SIMULATIONS ON A QUANTUM COMPUTER

RESEARCH ARTICLE | CHEMICAL PHYSICS

f t in r w e

Grid-based methods for chemistry simulations on a quantum computer

HANS HON SANG CHAN^{ID}, RICHARD MEISTER^{ID}, TYSON JONES^{ID}, DAVID P. TEW, AND SIMON C. BENJAMIN^{ID} [Authors Info & Affiliations](#)

SCIENCE ADVANCES • 1 Mar 2023 • Vol 9, Issue 9 • DOI: 10.1126/sciadv.abo7484

5,484

🔔 📖 🗣️ 📄

Abstract



Hardware

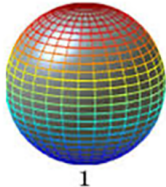
Bit x qubit

Bit
0



1

Qubit
0



1

BITS

Classical Computer – Operations on BITS



1



0



vs

QBITS

Quantum Computer – Operations on Quantum BITS



1



0 and 1 at
the same time
"SUPERPOSITION"



0



Qubits can take same value simultaneously. This characteristic expands the possibility of parallel calculations

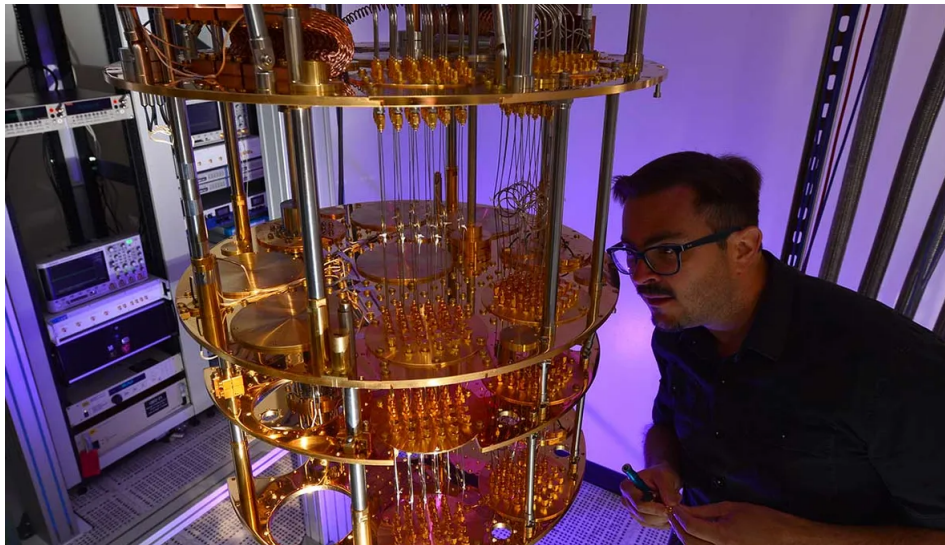
Hardware zvenku - stínění



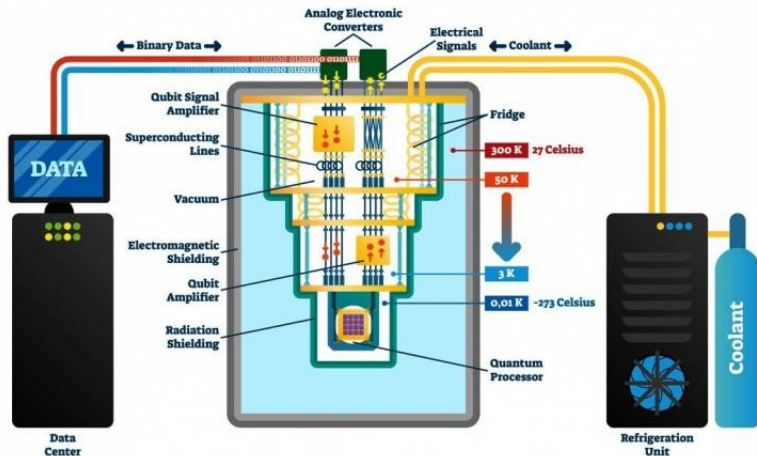
Hardware - chlazení



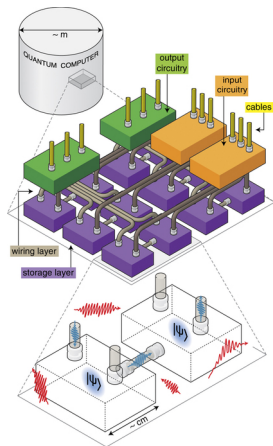
Hardware - bez chlazení



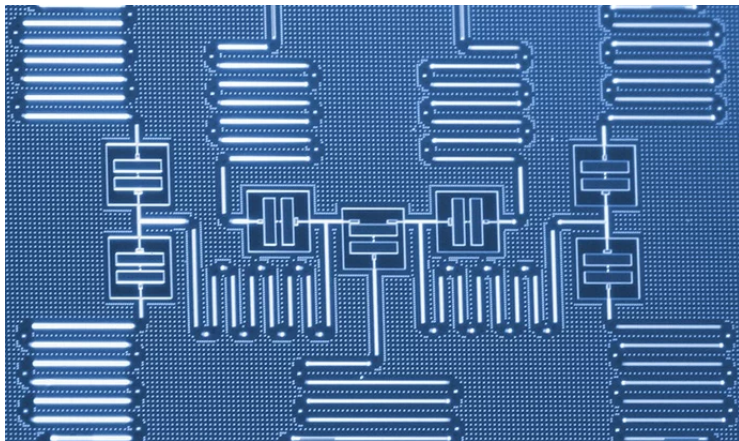
Hardware - náčrtek



Hardware - náčrtek

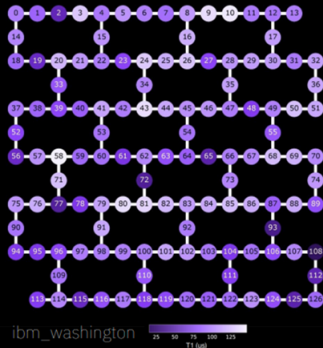


7 qubitů (supravodivý Josephsonův spoj) 2016

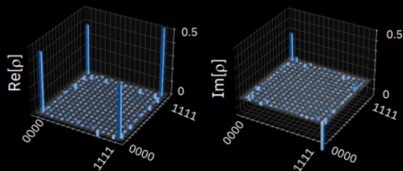


Hardware - 127 qubitů - IBM 2021

Eagle has landed



IBM Quantum
Eagle Processor
127 qubits



6100 Caltech - Cesium 2025

Device with 6100 qubits is a step towards largest quantum computer yet

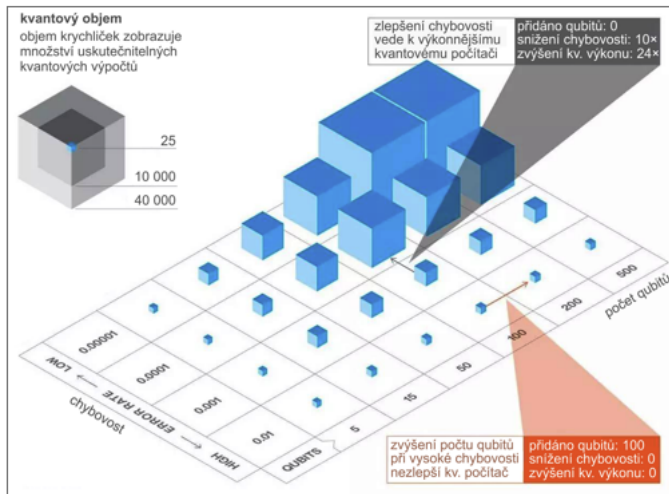
An array of 6100 ultracold caesium atoms controlled by lasers is the largest collection of qubits ever assembled, and researchers hope they can soon turn it into the world's most advanced quantum computer

By [Karmela Padavic-Callaghan](#)

📅 24 September 2025

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-09641-4>
coherence time of 12.6(1) s, a record for hyperfine qubits in an optical tweezer array. We show room-temperature trapping lifetimes of about 23 min

Počet qubitů vs. výkonnost



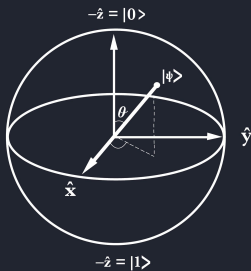
Velké množství qubitů zdaleka neznamená výkonnější kvantový počítač. Zdroj: IBM.

Pojmy z kvantové mechaniky v kostce

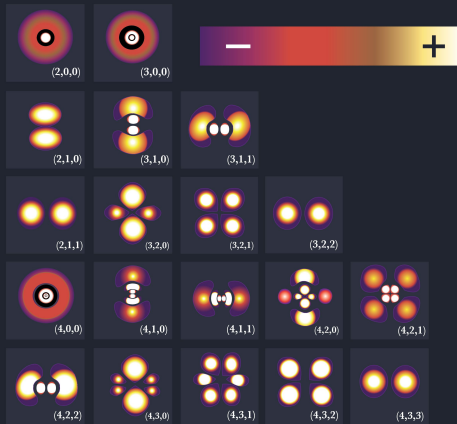
Stav

QUANTUM STATES

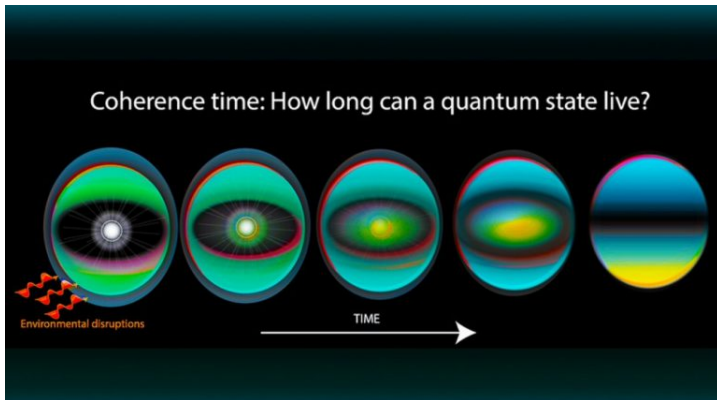
Hydrogen Wave Function
Probability density plots.



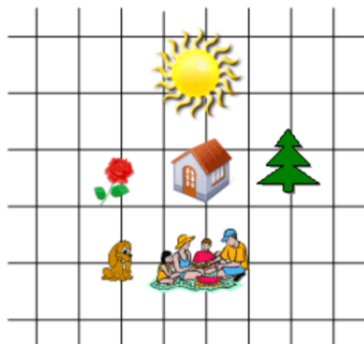
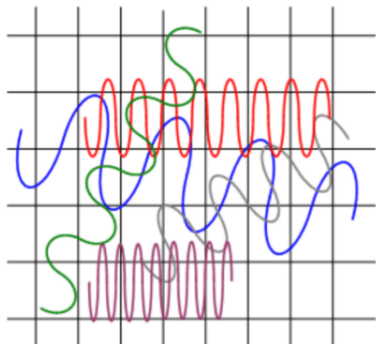
$$\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = \sqrt{\left(\frac{2}{na_0}\right)^3 \frac{(n-l-1)!}{2n[n+l]!}} e^{-\rho/2} \rho^l L_{n-l-1}^{2l+1}(\rho) Y_{lm}(\theta, \varphi)$$



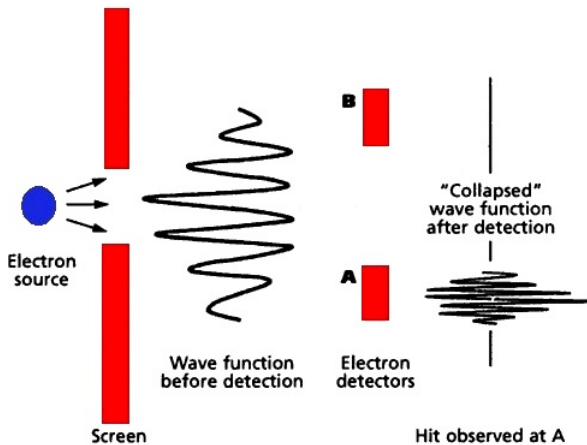
Evoluce stavu



Kolaps při pozorování



Kolaps při pozorování



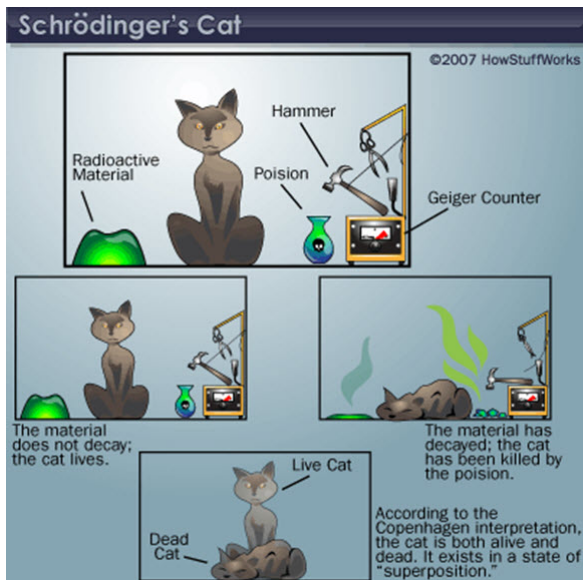
Základní principy

- superpozice (superposition)
- provázanost (entanglement)
- interference (interference)

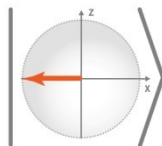
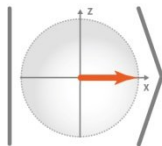
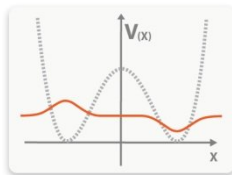
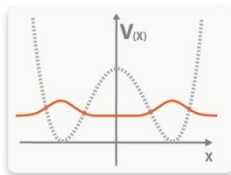
Superpozice

Schrödingerova kočka 1937

Schrödingerova kočka 1937



Superpozice



Společná práce

pojmy:

Qubit = stav reprezentovaný jedním studentem

Stav „0“ = student stojí s rukama podél těla

Stav „1“ = student zvedne ruce

Superpozice = „není to ani 0, ani 1“ → student stojí s jednou rukou nahore, druhou dole nebo jakýkoli jiný postoj.

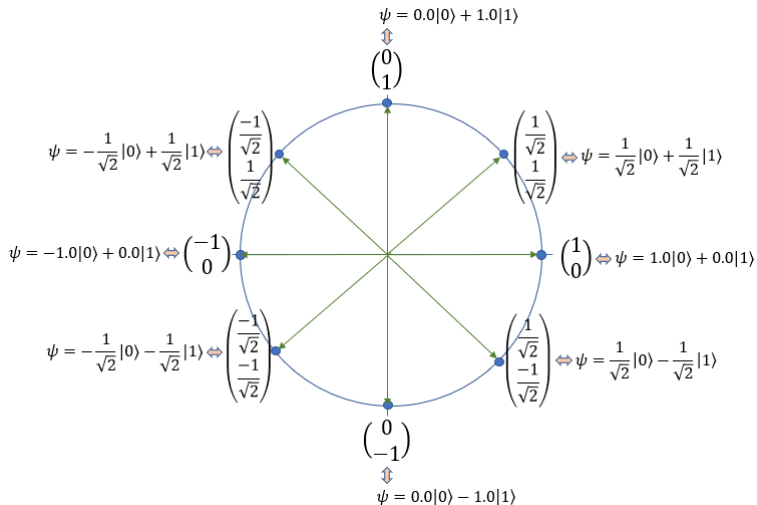
Hadamardova brána (hradlo)

- základní jednoqubitová operace, která převádí základní stavy qubitu $|0\rangle$ a $|1\rangle$ na jejich superpozice. To znamená, že když qubit začne ve stavu $|0\rangle$ nebo $|1\rangle$, po aplikaci Hadamardovy brány bude v rovnoměrné superpozici stavů $|0\rangle$ a $|1\rangle$.

plyne čas:

1. Student A začíná v klasickém stavu 0.
 2. Student H (Hadamard) mu říká: „Procházíš Hadamardovou branou!“
 3. Student A se postaví do superpozice — jedna ruka hore / jedna dole.
- ⇒ Takto vypadá qubit, který není ani 0 ani 1, dokud ho neměříme.

qubit



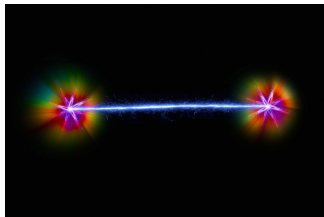
Provázanost

Provázanost

2022 - nobelova cena - Alain Aspect, John F. Clauser, and Anton Zeilinger

$$|\psi_{AB}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|H\rangle_A \otimes |H\rangle_B - |V\rangle_A \otimes |V\rangle_B)$$

Dokud jednu z částic nezměříme tak nevíme, jaká je. Po změření však okamžitě víme jaká je i ta druhá.

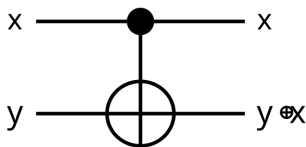


Albert Einstein (1879–1955), ruskoamerický fyzik Boris Podolsky (1896–1966) a americko-izraelský fyzik Nathan Rosen (1909–1995).

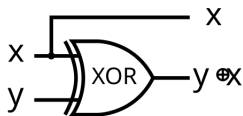
https:
[//scienceexchange.caltech.edu/topics/quantum-science-explained/entanglement](https://scienceexchange.caltech.edu/topics/quantum-science-explained/entanglement)
<https://www.nature.com/articles/ncomms9984>

Controlled-NOT (CNOT) - dvouqubitová brána

provádí operaci negace na cílovém qubit, pokud je řídicí qubit ve stavu $|1\rangle$. Pokud je řídicí qubit ve stavu $|0\rangle$, cílový qubit se nemění. Provazuje qubity.



input		output	
x	y	x	y+x
$ 0\rangle$	$ 0\rangle$	$ 0\rangle$	$ 0\rangle$
$ 0\rangle$	$ 1\rangle$	$ 0\rangle$	$ 1\rangle$
$ 1\rangle$	$ 0\rangle$	$ 1\rangle$	$ 1\rangle$
$ 1\rangle$	$ 1\rangle$	$ 1\rangle$	$ 0\rangle$



input		output	
x	y	x	y+x
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	1
1	1	1	0

Skupinová práce

1. Student B (qubit 2) začíná jako 0.
2. Student A (qubit 1) stojí v superpozici (z minulé fáze).
3. Student CNOT říká: „Pokud je qubit A ve stavu 1, otoč stav qubitů B.“
Jelikož A je v superpozici, CNOT se nemůže rozhodnout.
„V superpozici je činnost brány aplikována na obě možnosti současně.“
⇒ A i B tedy vytvoří provázanou dvojici.

Studenti A a B nyní vytvoří stejný zrcadlový postoj:

A zvedne levou ruku, B pravou. (A dá ruce dolů, B je dá nahoru.)

Fáze: **Měření**

Experimentátor ukáže na studenta A a řekne: „Měřím tě! Jsi 0 nebo 1?“

Student náhodně zvolí: stav 0 = ruce dolů nebo 1 = ruce nahoru

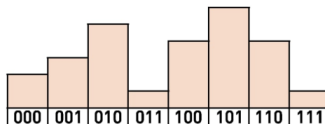
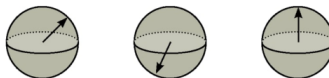
Student B okamžitě převezme stejný stav, protože jejich stavy jsou provázané.

Interference

interference

interference

qubits

quantum
wavefunctionsoverall
wavefunctionprobability
distribution

Základní principy

- stav
- vývoj v čase
- superpozice (superposition)
- provázanost (entanglement)
- interference (interference)
- měření - kolaps vlnové funkce

Fyzický qubit

qubit

QUBIT A JEHO VYUŽITÍ

GRAFICKÝ MODEL
QUBITU V PODOBĚ
BLOCHOVY SFÉRY.

Souřadnice
N 23°34'41,4422";
E 32°48'10,3476",
znázorněné kruhy
vyjadřují superpozici
pravděpodobnosti stavů
(70 % pro spin nahoru,
30 % pro spin dolů)

LOGICKÉ HODNOTY
QUBITŮ

0 Spin dolů



1 Spin nahoru

 $|0\rangle$ Superpozice blíže 0 $|1\rangle$ Superpozice blíže 1PRINCIP KVANTOVÝCH
VÝPOČTŮ

1. Před začátkem výpočtu



2. Částice jsou vystaveny laseru



3. Výsledek



https:

[//en.wikipedia.org/wiki/List_of_proposed_quantum_registers](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_proposed_quantum_registers)

Supravodivé obvody

mikroskopických supravodivých elektrických obvodů - Josephsonův spoj
transmon

výhoda - snadná výroba,

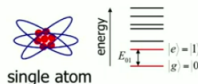
nevýhoda - nutnost kryogenního chlazení; krátká koherence ($\sim 100 \mu\text{s}$)

Nature's quantum bits

true qubits



effective qubits



Manmade quantum bits

artificial atoms built from circuits

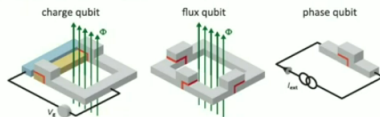


Image credit: W.D. Oliver & P.B. Weland, MRS Bulletin **38**, 816 (2013)

Iontové pasti

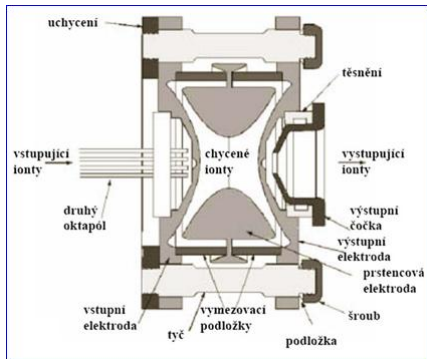
Jednotlivé ionty (např. Ca^+ , Yb^+ , Sr^+) uvězněné elektrickým polem

Qubit - dva energetické stavy iontu

Manipulace laserem

Výhody: velmi dlouhé koherence (sekundy), přesné řízení.

Nevýhody: pomalejší operace, složitá optika.



Hmotnostní spektrometrie:

Pomáhají uchovávat a analyzovat ionty pro určení jejich hmotnosti a chemické struktury.

Analytická chemie:

Používají se k selektivnímu zachycení a následné analýze iontů v různých roztocích a plynech

Neutrní atomy; Fotony

Podobně jako uvězněné ionty, ale používají se **neutrní atomy**, které jsou "uvězněny" v optických pinzetách nebo mřížkách.

Interakce pomocí Rydbergových stavů.

Výhody: snadná škálovatelnost (100–1000 atomů).

Nevýhody: řízení a stabilita laserů náročná.

Fotony

Qubit reprezentován polarizací, fází nebo cestou fotonu.

Kvantové operace realizované pomocí optických prvků (děliče, modulátory).

Výhody: fungují při pokojové teplotě, vhodné pro kvantový internet.

Nevýhody: obtížná realizace dvouqubitových bran.

Další

Kvantové tečky

NMR - využívá spinu

Vibrační - superpozice vibračních stavů

Fullerenové (N@C_{60})

Electron-na-heliu

defekty v mřížkách

....

video

https://www.aldebaran.cz/bulletin/2017_37_kvp.php

Algoritmy pro qubity

Hledání osoby. Všichni víte svoje jméno (stav qubitu). Všichni víte zároveň o všech ostatních (provázanost). Zeptám-li se na konkrétní jméno, okamžitě dostanu výsledek na jeden průchod.

Bludiště

Optimalizace

Kyberbezpečnost

Předpovídání počasí

Vývoj léčiv....

Diagram teleportačního okruhu

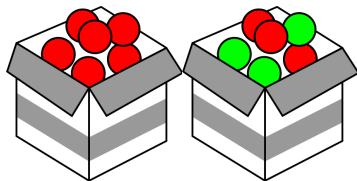
<https://learn.microsoft.com/cs-cz/azure/quantum/concepts-circuits>

Jakub Mareček

<https://www.nature.com/articles/s42254-024-00770-9>

Deutsch - Jozsa algoritmus

1992 David Deutsch a Richard Jozsa



Máme funkci (černou krabičku) $f : 0, 1^n \rightarrow 0, 1$
je buď konstanta (stejný výstup pro všechna x)
nebo balancovaná (rovná se 0 nebo 1 přesně v polovině případů x).

Jak zjistit, jestli je funkce konstanta nebo balancovaná?

Klasický počítač: složitost $O(2^N)$

Kvantový počítač: 1 průchod

Shorův algoritmus - 1994 Peter Shor

Faktorizace čísla na základě zkoumání posloupnosti číslic a zjišťování jejich periodičnosti

Kvantový počítač: Složitost polynom $O(n^3)$

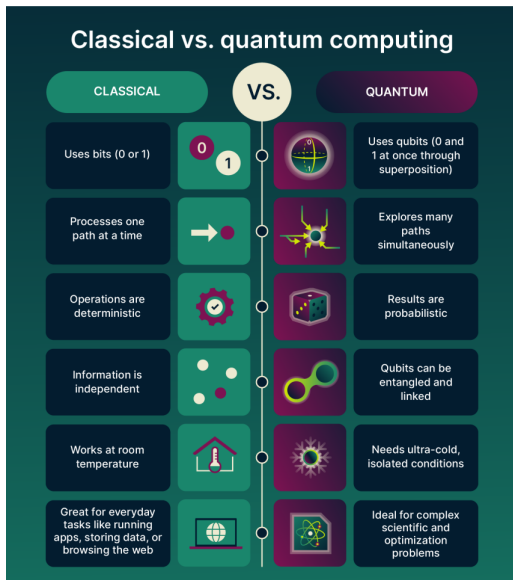
Groverův prohledávací algoritmus

1996 Lov Grover

Klasický počítač: $O(N)$

Kvantový počítač: $O(\sqrt{N})$

Porovnání



Algoritmy pro qubity

na 1 qubit:

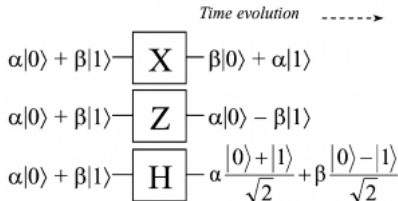
Hadamardovo hradlo – superpozice, snižuje pravděpodobnosti stavu qubitu $|0\rangle$ nebo $|1\rangle$ na polovinu.

Pauliho-X hradlo - přetáčí stav qubitu z $|0\rangle$ na $|1\rangle$ a $|1\rangle$ na $|0\rangle$ (ekv. NOT)

Pauliho-Z hradlo - ponechává $|0\rangle$ a přetáčí stav qubitu $|1\rangle$ na $-|1\rangle$ (přehození fáze)

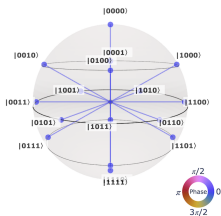
Fázové S hradlo (S Gate) - qubitu se stavem $|1\rangle$, přidá fázi o $\pi/2$ („provede rotaci kolem osy Z o 90° , o čtvrtinu“) a tím získáváme stav $i|1\rangle$. Pokud má qubit stav $|0\rangle$, nestane se nic.

na 2 qubitech: Controlled-NOT (CNOT)

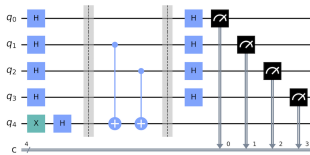


Operace s qubity

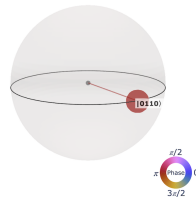
Quantum circuit



Superposition of all possibilities



Computation driven interference

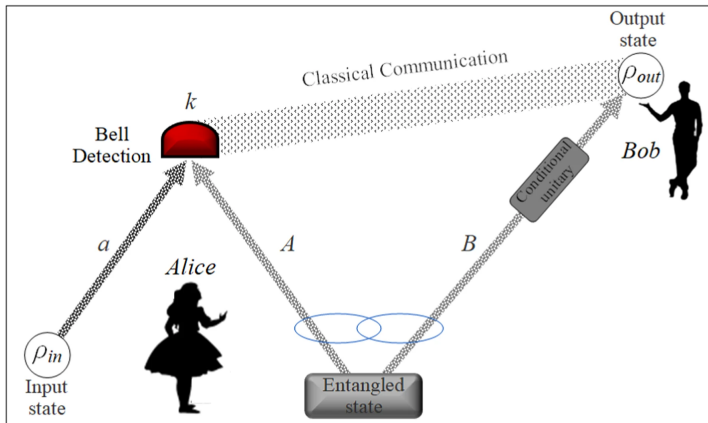


Solution

- Nejprve jsou všechny položky převedeny na jedničky a nuly a společně umístěny v kvantové superpozici - **inicializace qubitu** $\Rightarrow$ svazek vln reprezentujících jednotlivé položky.
- Zapůsobíme hradly (např. **laserový impuls**) tak, aby se vlnky pozitivních amplitud vyrušily s vlnkami negativních amplitud - **vývoj systému v čase**.
- Nakonec zbude jen vlnka reprezentující hledanou položku databáze - **kolabs interferentní vlnové funkce do výsledku**.

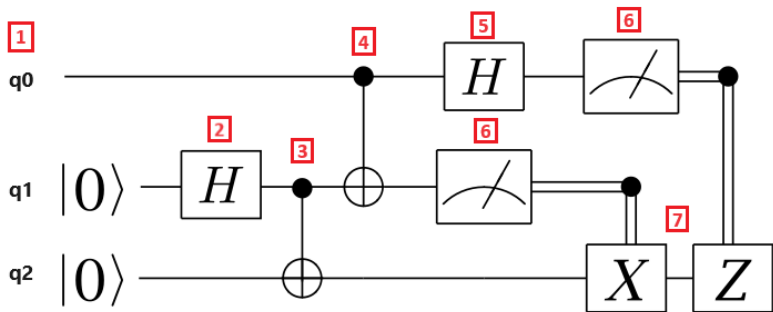
Teleportace

<https://www.nature.com/articles/s41598-024-76220-4>



Teleportace

založen na využití kvantově provázaných částic a jejich vhodně zvoleném změření



https:

[//learn.microsoft.com/cs-cz/azure/quantum/concepts-circuits](https://learn.microsoft.com/cs-cz/azure/quantum/concepts-circuits)

IBM Quantum experience

`https://www.ibm.com/quantum/qiskit-runtime`

Historie

- 1960 Stephen Wiesner - kvantové stavy jako nositele informace
- 1976 Roman Stanisław Ingarden - Quantum Information Theory
- 1980 Paul Benioff popíše počítač pomocí kvantové mechaniky
- 1982 Richard Feynman - navrhl použití kvantových systémů k výpočtům
- 1984 Charles Bennett a Gilles Brassard - kv. kryptografický protokol BB84
- 1985 David Deutsch - kvantový Turingův stroj
- 1994 Peter Shor - faktorizační algoritmus
- 1995 poslána zpráva kvantovým kanálem
- 1996 Lov Grover - vyhledávací algoritmus
- 1996 Peter Shor a Andrew Steane - kvantová oprava chyb možná
- 1997 uskutečněna kvantová teleportace
- 1999 Richard Hughes - iontové pasti s desítkami qubitů

Historie

- 2001 IBM a Stanford University odzkoušeli Shorův algoritmus (číslo 15 na 7-qubitech)
- 2010 D-Wave One: první komerční kvantový počítač (annealer)
- 2016 IBM - experience pro každého
- 2019 Google tvrdí kvantovou nadřazenost
- 2023 Česká republika bude hostit evropský kvantový počítač LUMI-Q
- 2024 IBM více jak 1000 qb

Problémy

dekoherence kvantových stavů
pohyb všeho - $T = 0K$
dokonalé stínění

Výzvy



<https://vlinkinfo.com/blog/what-is-quantum-computing>

Skripta, citace a materiály

J. Gruška: Quantum Computing, McGraw-Hill, ISBN 007-709503-0

https://www.nukib.cz/download/publikace/podpurne_materialy/Utoky%20s%20vyuzitim%20kvant

<https://www.karlin.mff.cuni.cz/~holub/soubory/qc/node24.html>

<https://spectrum.ieee.org/intels-quantum-computing-plans-hot-qubits-cold-control-chips-and-rapid-testing>

<https://learn.microsoft.com/cs-cz/azure/quantum/overview-algebra-for-quantum-computing>
bakalářská práce groveruv algoritmus

<https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/10944?show=full>

<https://www.chemistryworld.com/news/quantum-computer-tackles-its-first-triatomic/3007979.article>

<https://www.thebroadcastbridge.com/content/entry/14159/instant-answers-from-the-universe>

<https://development.ie/2021/12/the-basics-of-quantum-computing-quantum-superposition/>

<https://www.popularmechanics.com/science/a41521357/nobel-prize-in-physics-2022-quantum-entanglement/>

<https://quantumpoet.com/quantum-computing-introduction/>

<http://www.mysearch.org.uk/website1/html/549.Collapse.html>

<https://tanishabassan.medium.com/decoherence-quantum-computers-greatest-obstacle-67c74ae962b6>

<https://qubits.cz/serialy/kvantovy-serial-dil-5-kvantove-pocitace-soucasnost/>

<https://www.expressvpn.com/blog/quantum-computing/?srsId=AfmBOoo9hZq0fuTL5LEXoOJ6zfxPIL9wmo9VuKzBciDjUfTbBODd5fdw>