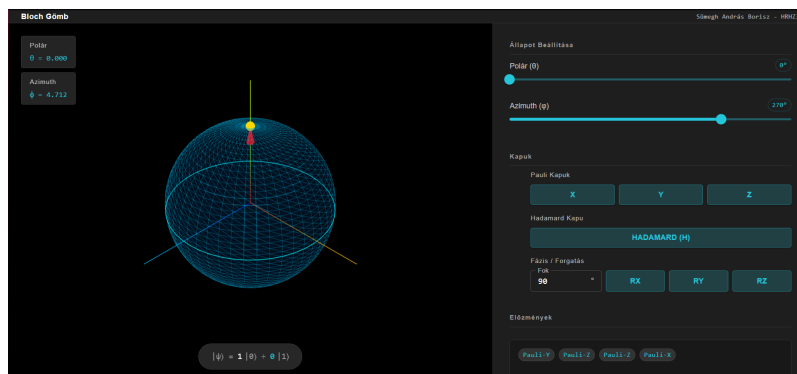


# Kvantum HF - Bloch Gömb Szimulátor

## Bevezetés

Ez a felület egy interaktív webes szimulátor, amely megmutatja, hogyan viselkednek a qubitek a Bloch-gömb segítségével. A program különböző kvantumkapukat (X, Y, Z, Hadamard, forgatásokat) tud alkalmazni.



A szimulátor főképernyője: bal oldalon a Bloch-gömb, jobb oldalon a vezérlők

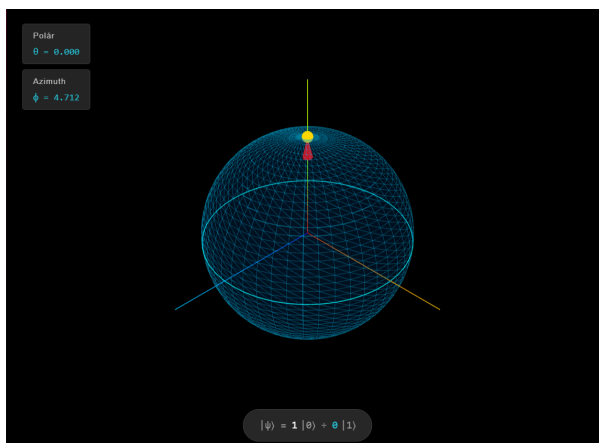
## Mi az a Bloch-gömb?

A qubit állapota a klasszikus bittől eltérően nem csak 0 vagy 1 lehet, hanem ezek szuperpozíciója is.

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, ahol |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

A Bloch-gömb egy egységsugarú gömb, amelyen minden pont egy qubit állapotot jelöl. Két szöggel írható le az állapot:

$$|\psi\rangle = \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)|0\rangle + e^{i\phi}\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)|1\rangle$$



A Bloch-gömb: az északi pólus a  $|0\rangle$ , a déli pólus a  $|1\rangle$  állapot

# Kvantumkapuk

## 1. Pauli-kapuk

**X kapu (NOT):** Megcseréli a  $|0\rangle$  és  $|1\rangle$  állapotokat (X tengely körüli forgatás)

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

**Y kapu:** Y tengely körüli forgatás

$$Y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

**Z kapu:** Fázisfordítás (Z tengely körüli forgatás)

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

## 2. Hadamard kapu

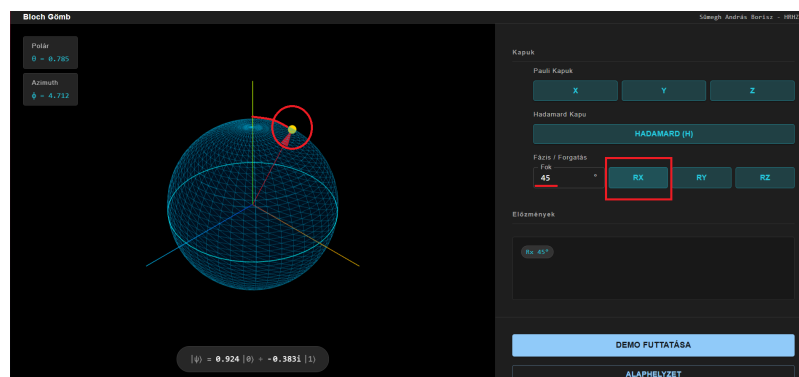
$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

## 3. Forgató kapuk

$$R_x(\phi) = \begin{pmatrix} \cos \frac{\phi}{2} & -i \sin \frac{\phi}{2} \\ -i \sin \frac{\phi}{2} & \cos \frac{\phi}{2} \end{pmatrix}$$

$$R_y(\phi) = \begin{pmatrix} \cos \frac{\phi}{2} & -\sin \frac{\phi}{2} \\ \sin \frac{\phi}{2} & \cos \frac{\phi}{2} \end{pmatrix}$$

$$R_z(\phi) = \begin{pmatrix} e^{-i\frac{\phi}{2}} & 0 \\ 0 & e^{i\frac{\phi}{2}} \end{pmatrix}$$



Példa: 45°-os forgatás az X tengely körül ( $R_x 45^\circ$ ).

# Használat

A felület két részre oszlik:

## Bal oldal - Bloch Gömb:

- 3D-s Bloch-gömb
- Piros nyíl + Sárga pötty = aktuális qubit állapot
- Egérrel forgatható és görgővel zoomolható
- Felső sarokban:  $\theta$  és  $\phi$  szögek
- Alul: az állapotvektor matematikai alakja

## Jobb oldal - Vezérlők:

1. **Csúszkák:**  $\theta$  és  $\phi$  szögek beállítása
2. **Kapu gombok:** X, Y, Z, H műveletek
3. **Forgatás:** Lehet tetszőleges szögű Rx, Ry, Rz
4. **Előzmények:** A kattintott kapukat jelzi ki.
5. **Demo:** A felvett kapukat animálja a felvétel sorrendjében.

## Megvalósítás

- **React 19** - Keretrendszer
- **TypeScript** - Jobb mint a javascript
- **Three.js** - 3D grafika
- **Material UI** - Modern felhasználói felület
- **Vite** - A készített TSX-eket illetve React komponenseket "compileolja" egy html-lé

## Telepítés és Használat

### 1. Felhasználói verzió

A program használatra kész verziója a `index.html` fájl. Ezt egyszerűen nyissa meg bármilyen böngészőben.

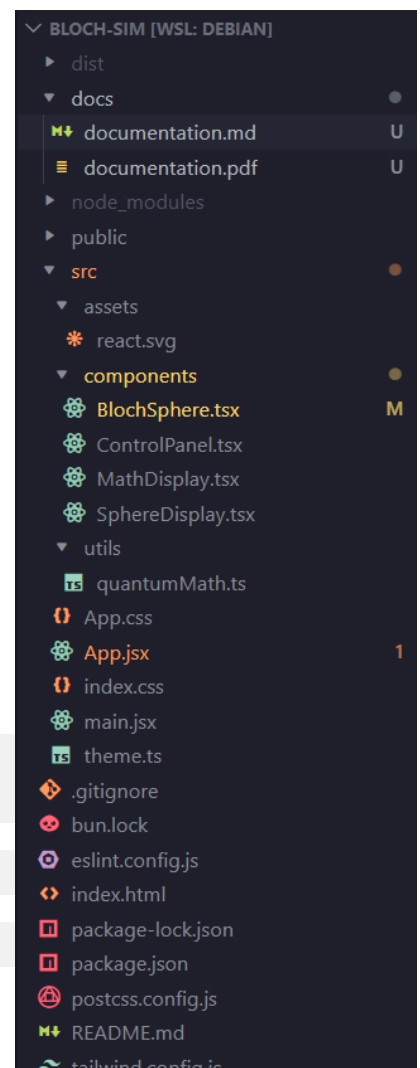
### 2. Dev verzió

A parancsok futtatásához Node.js környezet szükséges.

```
git clone https://github.com/boriszbandi/blochHF.git
cd blochHF npm install
```

```
npm run dev
```

```
npm run build
```



A projekt fájlstruktúrája