



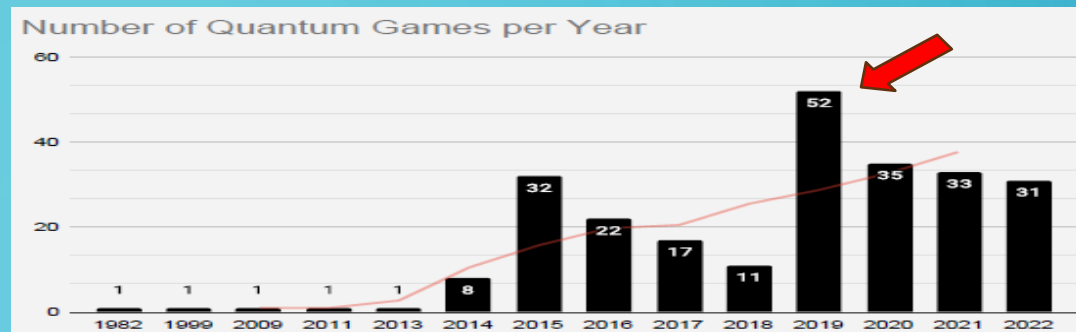
# QUANTUM CHASE

直接打出GG 小队



# 设计思路与动机

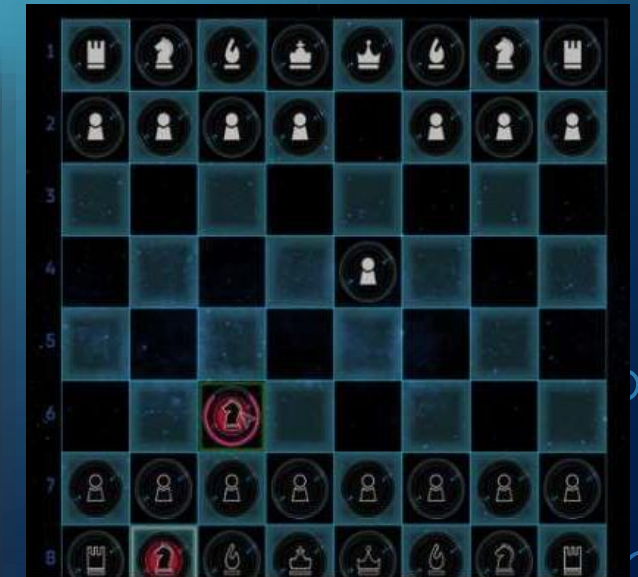
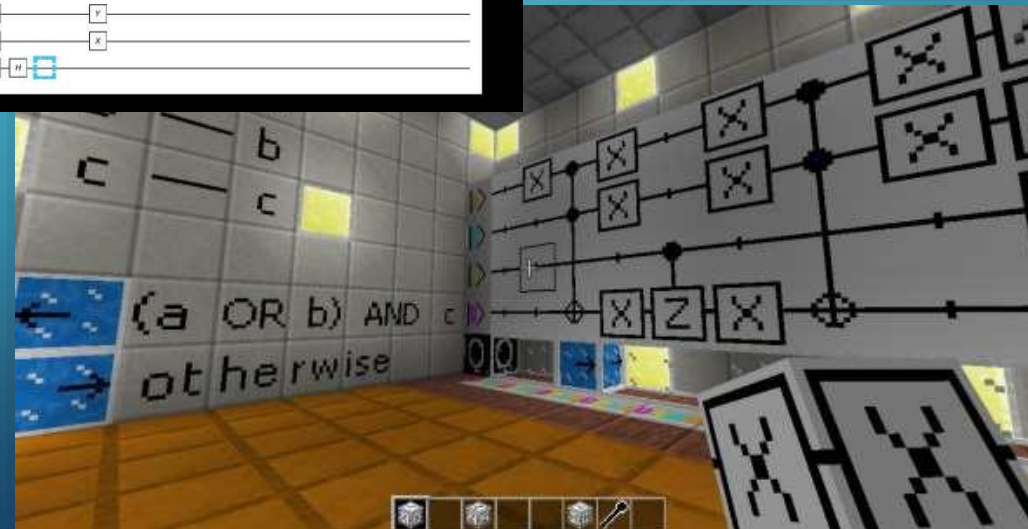
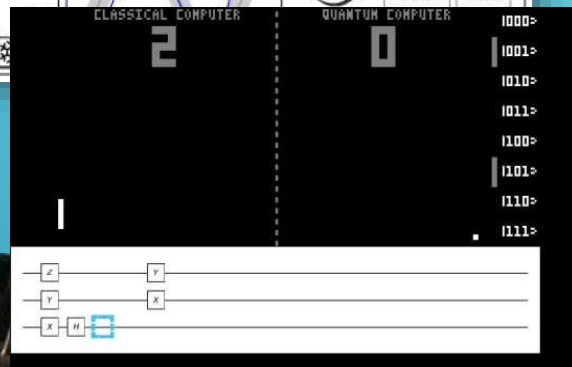
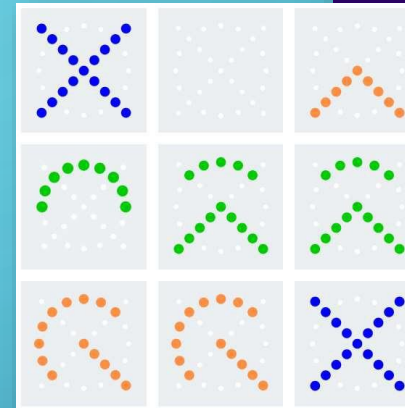
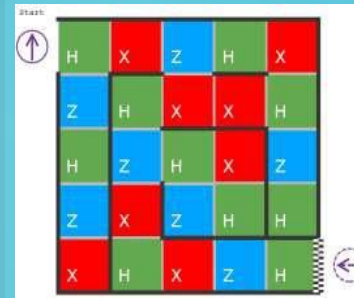
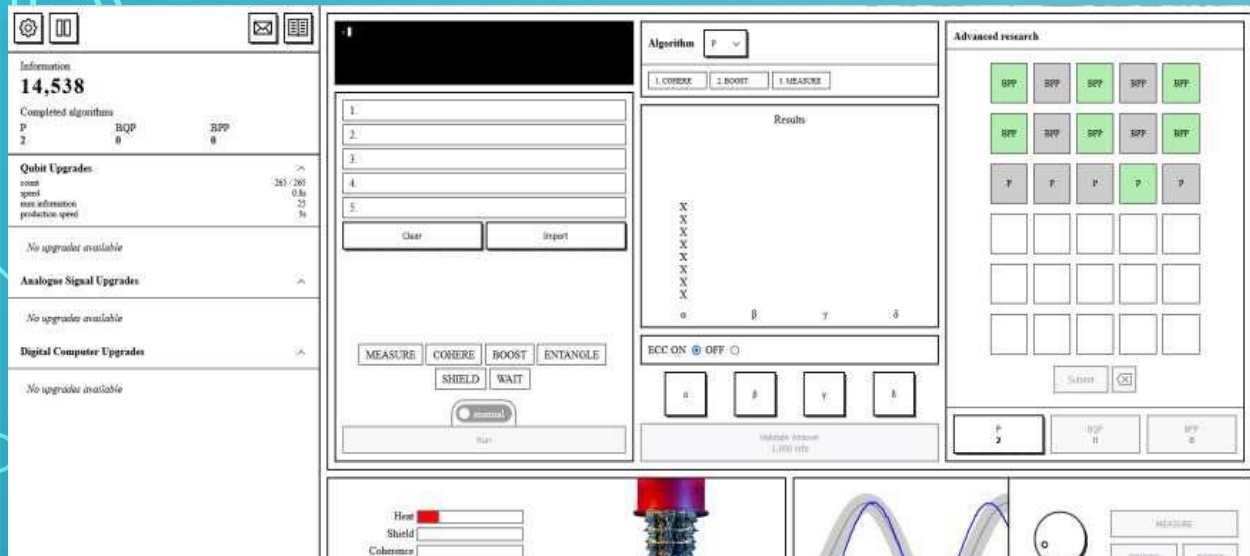
# 前期调研



- Game Jam 2019: Quantum Wheel, Qiskit Hackathon, IBM Q Award
- 游戏类型
  1. 量子线路计算解谜: Qiskit Blocks|量子门线路、Quantum Flytrap|光学线路
  2. 量子计算机操作模拟: The qubit game
  3. 棋类游戏|用多重位置表示叠加与纠缠: Quantum Chess、Quantum Tic-Tac-Toe
  4. 牌类游戏|用卡片构筑表示线路构建与测量: QuantumCards、Brackets
  5. 其他小游戏, 用以演示相位、纠缠、概率分布等等概念
- 设计套路
  1. 解谜: 偏线性代数的量子计算数学问题
  2. 棋: 将棋盘空间映射为qubit资源、将棋子落子吃杀映射为某种特定门操作
  3. 牌: 双发玩家轮流打出卡片构筑一个长线路, 最后测量产生评分

<http://www.finnishgamejam.com/quantumwheel/2019/02/22/quantum-wheel-games/>





# 设计方案

- 基本纲领

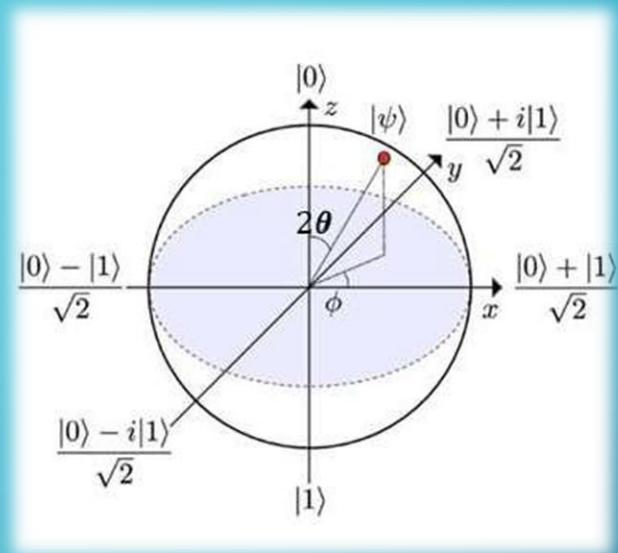
1. 以Bloch球为游戏表达的核心载体

- 注重表达量子态（相对）相位
- 模拟一些广为人知的量子算法

2. 亲民可玩的双人休闲小游戏✓，面向科研的博弈论玩具✗

- 对标参考游戏

- 玩法包装：捉迷藏—(原神-风行迷踪)—
- 线路计算：QuantumCards
- UI布局：Minecraft / Qiskit Blocks



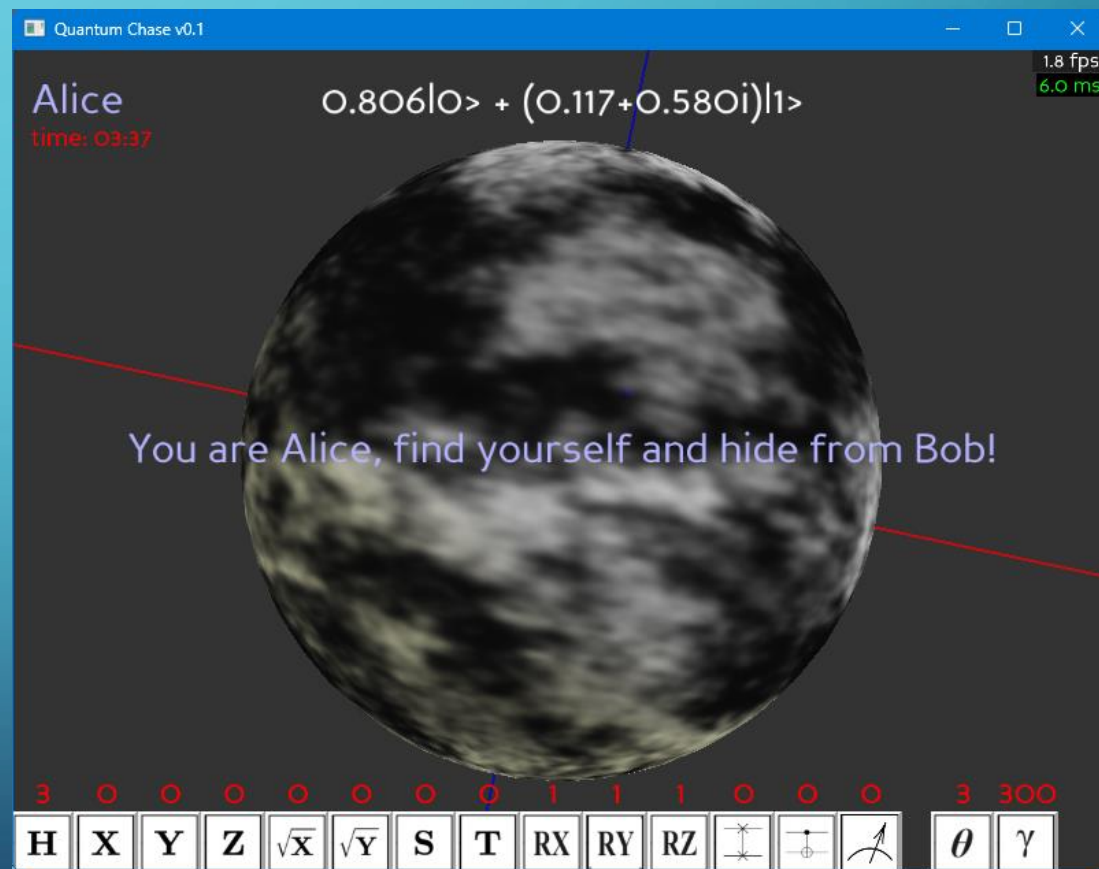
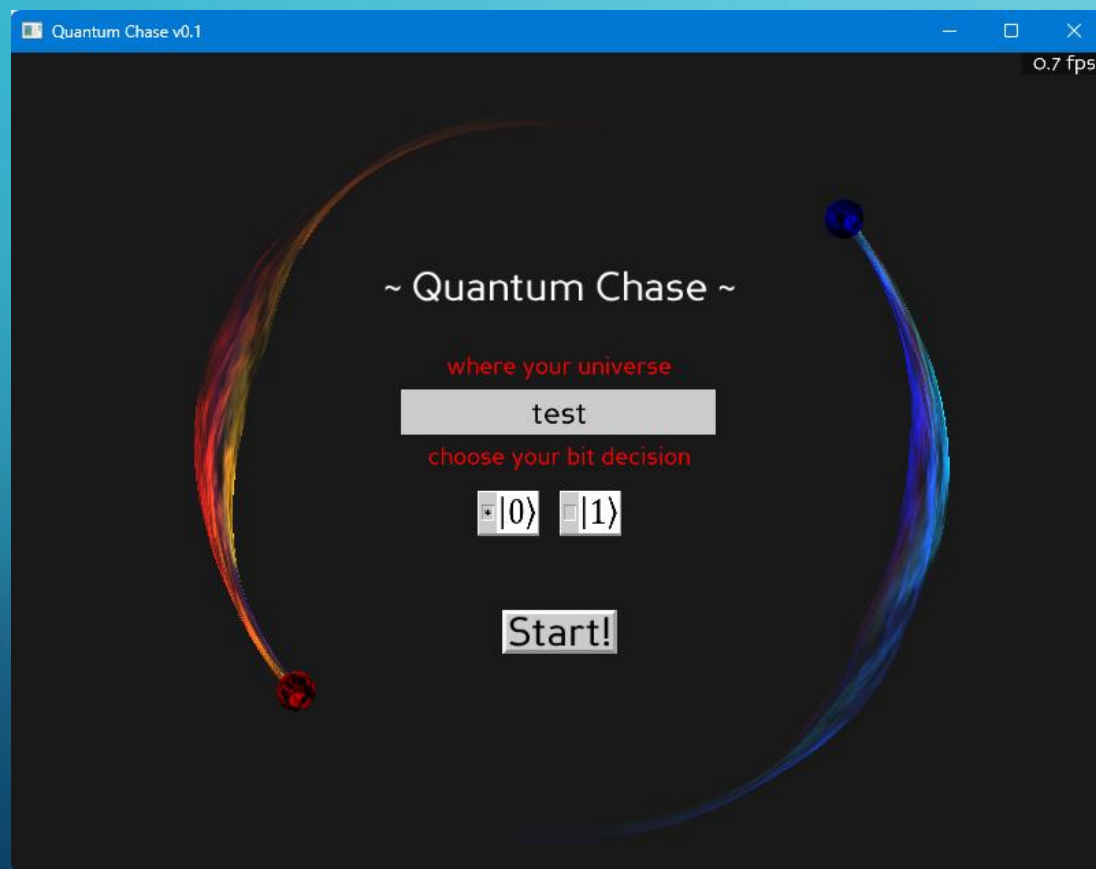
# 游戏核心玩法 & 量子计算逻辑



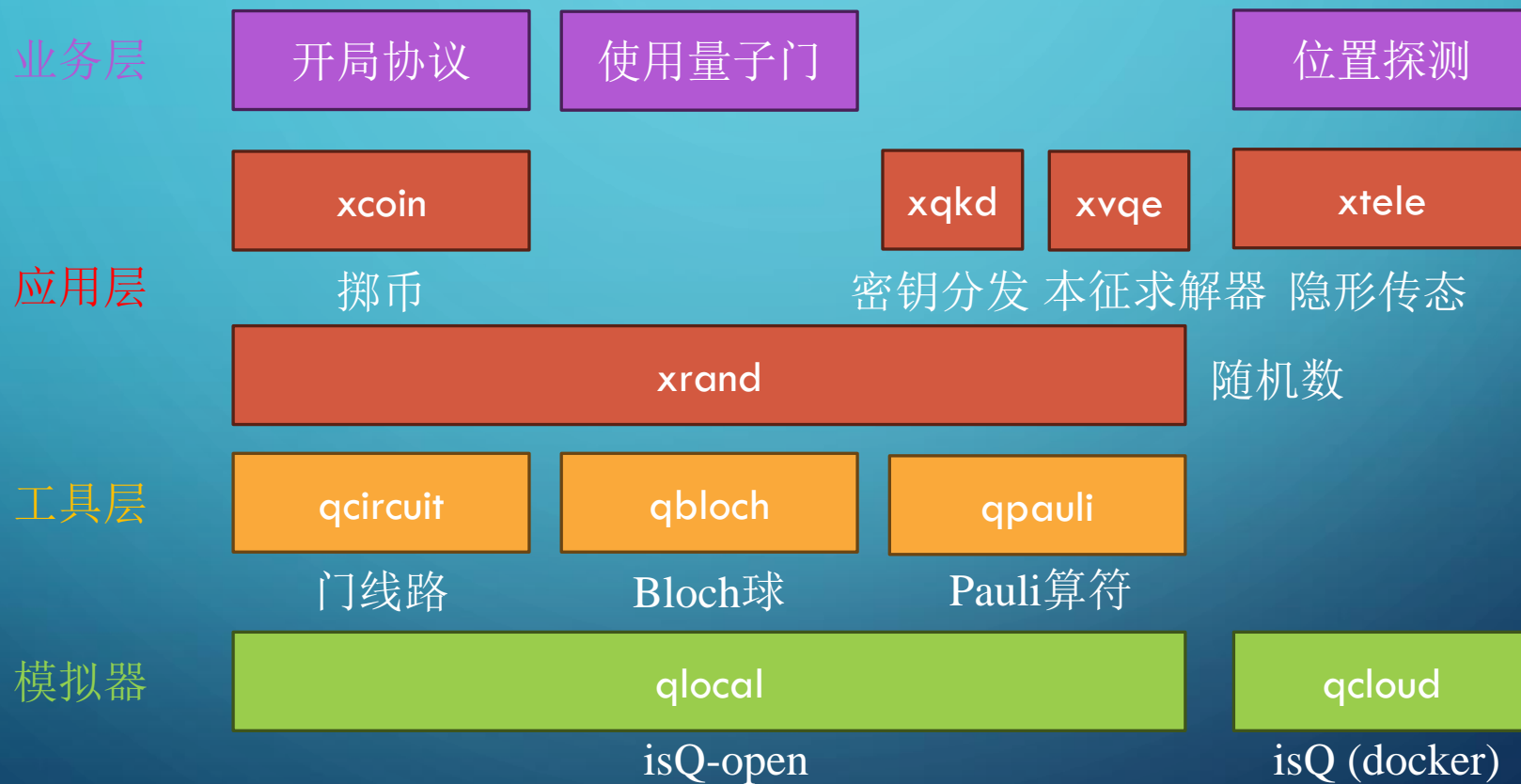




# 技术实现：客户端



# 技术实现：服务端



# 技术实现：业务逻辑

game:join  
game:start  
game:settle  
game:sync  
game:ping

游戏开闭局&同步

玩家位置&移动

mov:start  
mov:stop  
loc:query  
loc:sync

item:spawn  
item:pick  
item:vanish  
item:gain  
item:cost

道具生成&消耗

量子门操作

gate:rot  
gate:swap  
gate:cnot  
gate:meas

entgl:enter  
entgl:break  
env:noise

全局纠缠状态  
环境噪声

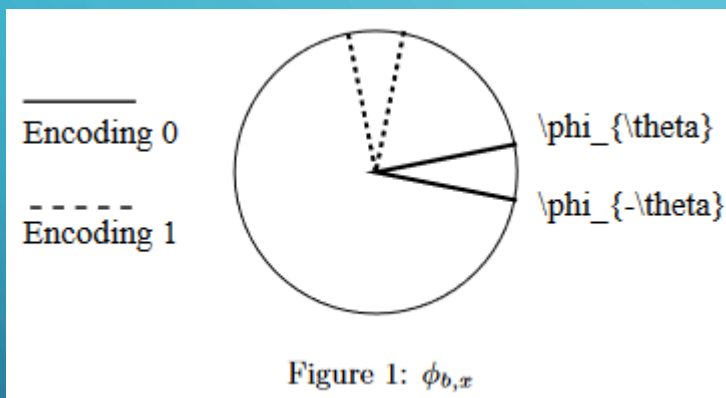
# 游戏规则

- 你的本质是一个量子态，所以你可以使用量子门来进行快速位移从而远离 Bob 的魔爪，这些量子门是随机生成湮灭的，你得搞快点；
- 多多地收集那些从天而降的纠缠光子吧——没错，是我发给你们的——可以通过隐形传态来探测对方的位置，Bob 会利用它来靠近你，而 Alice，你要逃离；
- 由于某些我擦我也不好说的测不准原理，当你们相距越远的时候，看见对方的概率就越小；当 Bob 看见你的时候，你也就完蛋了，而你只需要在给定时间内不被抓住就算成功。



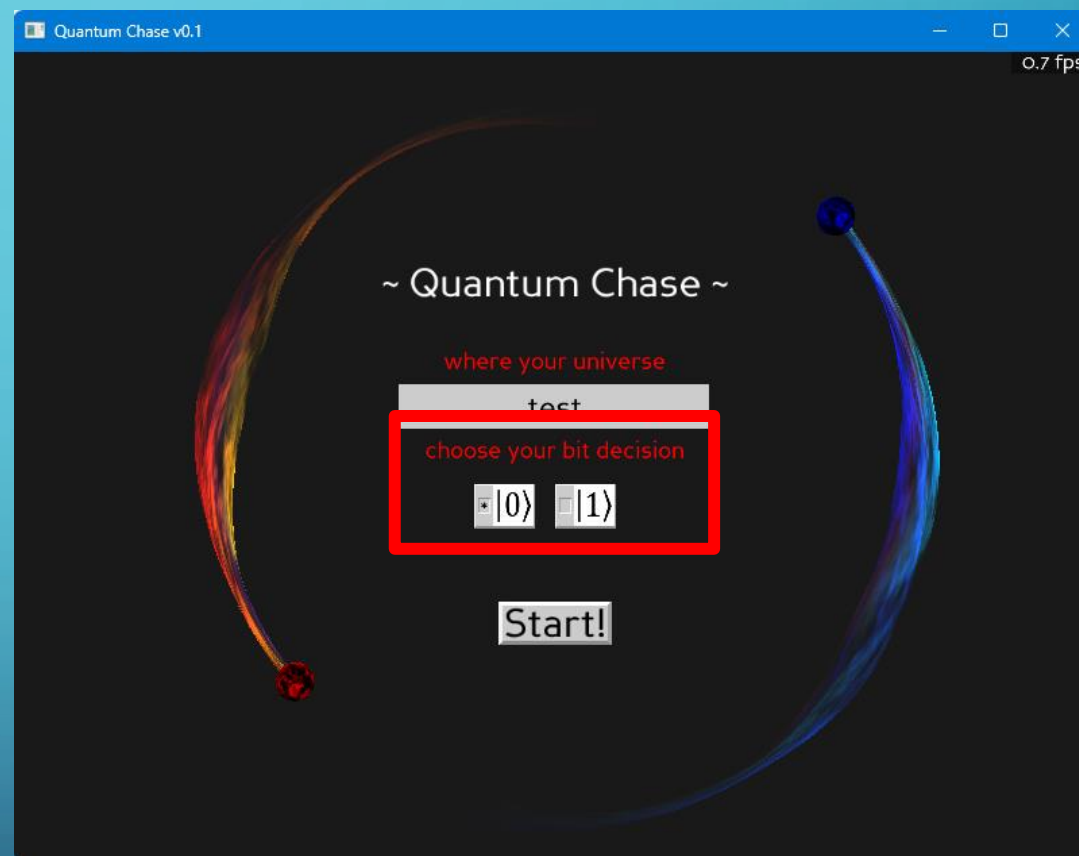
# 角色分配

- 基于QBE的QCF协议
  - 作弊感知概率非0



$$\phi_{b,x} = \begin{cases} \phi_{-\theta} & b=0, x=0 \\ \phi_{\theta} & b=0, x=1 \\ \phi_{\frac{\pi}{2}-\theta} & b=1, x=0 \\ \phi_{\frac{\pi}{2}+\theta} & b=1, x=1 \end{cases}$$

<https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0004017.pdf>



# 自由移动与全局纠缠



- 自由移动

- 处于非全局纠缠态时候，玩家可以通过WASD自由移动

- 显示消除了全局相位之后的纯态矢量

$$0.718|0\rangle - (0.302 - 0.628i)|1\rangle$$

- 任意一方玩家使用CNOT门产生全局纠缠时，玩家不再能自由移动



- 显示概率幅

$$0.187|00\rangle + 0.690|01\rangle + 0.020|10\rangle + 0.103|11\rangle$$

- 单比特量子门移动

- 实现了一些常见基本门



# 坐标转换

- Bloch球规范坐标  $\rightarrow$  量子态振幅

- 直接带入Bloch球公式

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

where  $0 \leq \theta \leq \pi$  and  $0 \leq \phi < 2\pi$ .

- 量子态振幅  $\rightarrow$  Bloch球规范坐标

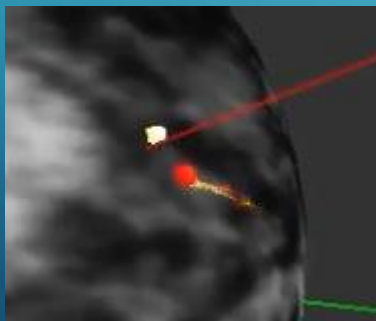
- 消除全局相位以获得唯一形式

- $|\text{phi}\rangle = (a + bi)|0\rangle + (c + di)|1\rangle \Rightarrow x|0\rangle + (y + zi)|1\rangle = \frac{a-bi}{\|a-bi\|} |\text{phi}\rangle$

- 根据 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 反解 $\theta$ 和 $\phi$ ，并 $2\pi$ 平移到合法定义域

# 生成道具的随机生成/湮灭

- 任意分布随机数生成器
  - 变分量子线路



```
spawn prob: (truth / pmeas / qmeas)
photon: 29.851% / 29.527% / 29.280%
theta: 17.910% / 17.627% / 17.650%
X: 1.493% / 1.892% / 1.750%
Y: 1.493% / 1.390% / 1.390%
Z: 1.493% / 2.144% / 2.280%
H: 5.970% / 6.151% / 6.190%
S: 2.985% / 3.117% / 3.050%
T: 5.970% / 5.997% / 6.300%
X2P: 2.985% / 3.313% / 3.200%
Y2P: 2.985% / 3.147% / 3.100%
CNOT: 5.970% / 6.206% / 6.430%
SWAP: 1.493% / 1.844% / 1.720%
RX: 5.970% / 5.400% / 4.990%
RY: 5.970% / 5.522% / 5.970%
RZ: 5.970% / 6.296% / 6.280%
M: 1.493% / 0.428% / 0.420%
```

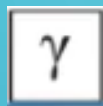
```
"params": [
  -0.7984015855937601,
  0.07798916581129027,
  0.43342085411169695,
  -0.6209476706272373,
  -0.0009095392292237454,
  0.43392502376160286,
  -0.8285639420688437,
  -0.5286557538735217,
  -0.03827735082621542,
  -0.061136167732388995,
  0.6007768769152886,
  0.003948207162571506,
  0.8276596299243154,
  -0.5336652712380271,
  -0.9085532016100395,
  0.03826463183744798,
  -0.7001008166908986,
  -0.6167743069984527,
  -0.32267831376805894,
  0.3533092418602332
],
```

```
"isq": [
  "qbit q[4];",
  "RY(theta[0], q[1]);",
  "RX(theta[1], q[2]);",
  "RY(theta[2], q[2]);",
  "RX(theta[3], q[3]);",
  "RY(theta[4], q[3]);",
  "CNOT(q[0], q[1]);",
  "CNOT(q[1], q[2]);",
  "CNOT(q[2], q[3]);",
  "RX(theta[5], q[0]);",
  "RY(theta[6], q[0]);",
  "RY(theta[7], q[1]);",
  "RY(theta[8], q[2]);",
  "RY(theta[9], q[3]);",
  "CNOT(q[0], q[1]);",
  "CNOT(q[1], q[2]);",
  "CNOT(q[2], q[3]);",
  "RX(theta[10], q[0]);",
  "RY(theta[11], q[2]);",
  "RY(theta[12], q[3]);",
  "CNOT(q[0], q[1]);",
  "CNOT(q[1], q[2]);",
  "CNOT(q[2], q[3]);",
  "RX(theta[13], q[0]);",
  "RY(theta[14], q[0]);",
  "RX(theta[15], q[1]);",
  "RY(theta[16], q[1]);",
  "RX(theta[17], q[2]);",
  "RX(theta[18], q[3]);",
  "RY(theta[19], q[3]);",
  "M(q[0:4]);"
],
```



# 位置探测

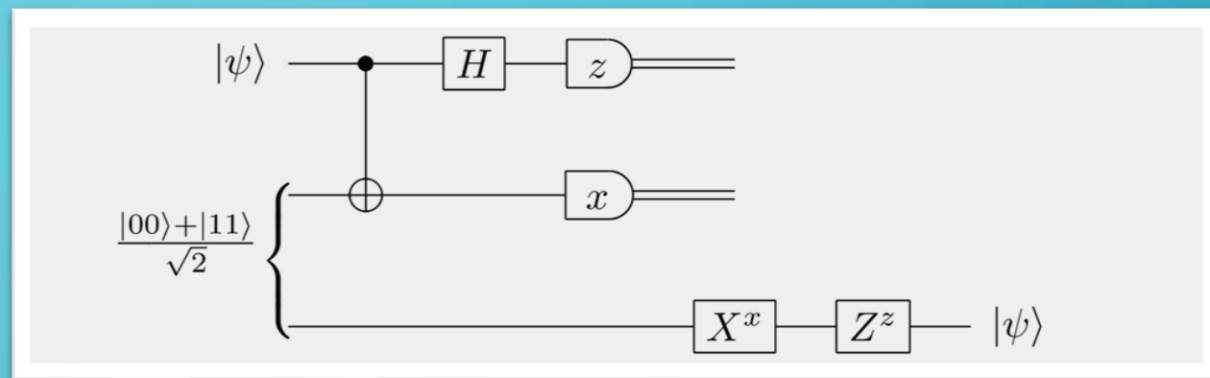
- 隐形传态



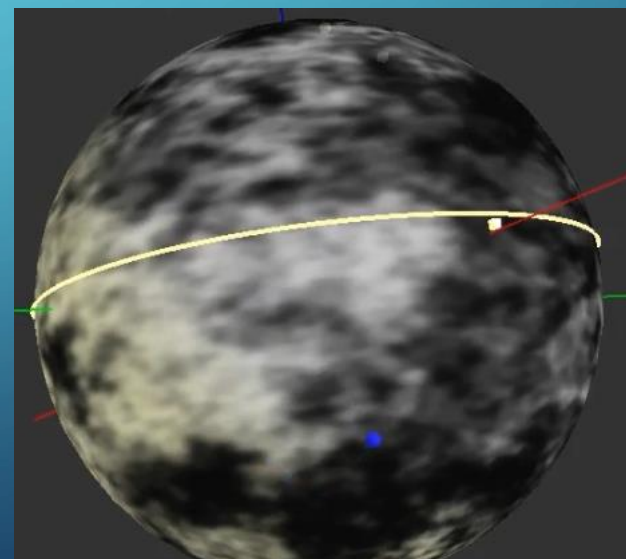
- 预分发最大纠缠态粒子
- 发送经典信息  $\Rightarrow$  传输量子态

- 蒙特卡洛测量

- Z基测量  $\Leftrightarrow$  Bloch球纬度
- Z+X基测量  $\Leftrightarrow$  Bloch球经度+纬度



[https://pic3.zhimg.com/80/v2-2e4b4752bf108ab97edbd9097dbae396\\_720w.webp](https://pic3.zhimg.com/80/v2-2e4b4752bf108ab97edbd9097dbae396_720w.webp)

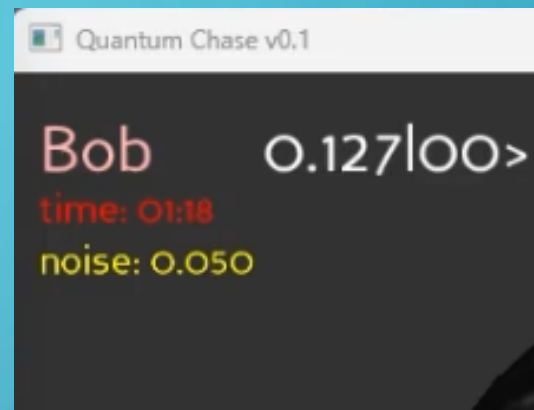


# 含噪计算

- 噪声是个随机U3酉矩阵
  - 玩家进行的几乎所有门操作都会有噪声



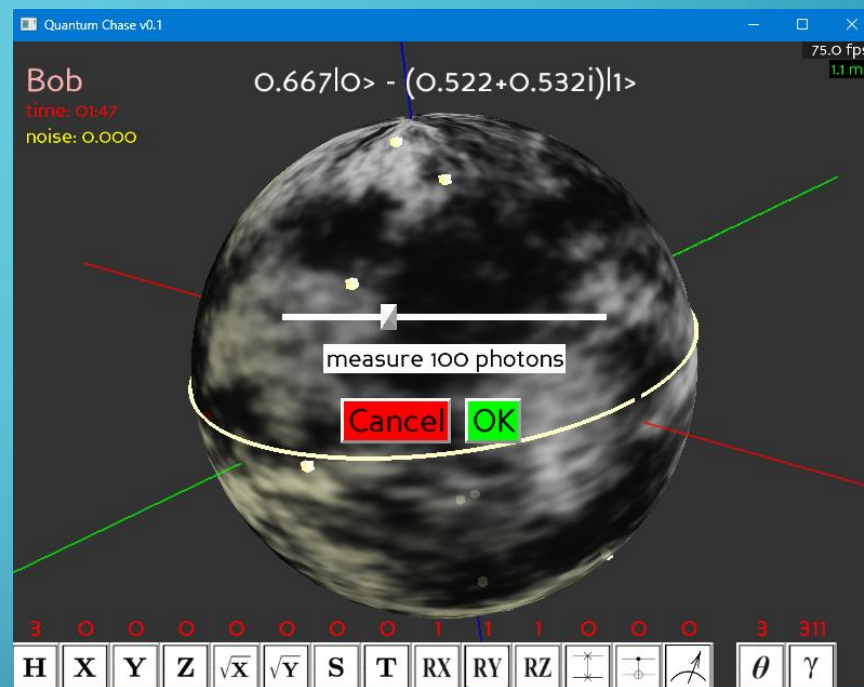
- ~~实在是想不到还有什么要素可以增加子~~



# 玩家策略分析

# 通常策略

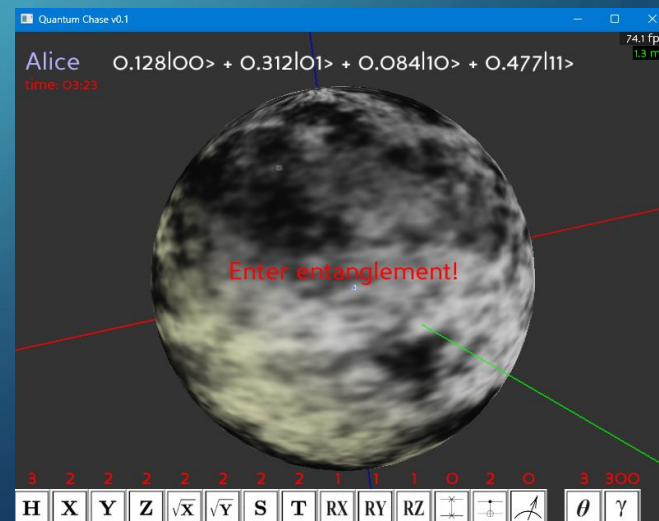
- Alice的目标是限定时间内不被Bob抓住
  - 收集EPR光子，探测而远离Bob的位置
  - 收集量子门实现快速移动以躲避Bob
- Bob的目标是限定时间内抓住Alice
  - 收集EPR光子，探测而接近Alice的位置
  - 收集量子门实现快速移动以靠近Alice
- SWAP门会交换双方的位置，且有一些副作用
  - 位置打探和快速移动
  - 干扰对方收集地面资源





# 赛点策略

- 当Alice或Bob任意一方使用CNOT门时，时间停止，全局陷入纠缠态
  - $|\phi\rangle = a|00\rangle + b|01\rangle + c|10\rangle + d|11\rangle$
- Alice的目标是限定时间内不被Bob抓住
  - 当Alice快要被抓住的时候可以打出以冻结Bob的自由移动
  - 随后施加其他旋转门以增加振幅 b 和 c 的模长，远离 Bob
- Bob的目标是限定时间内抓住Alice
  - 资源足够时Bob可以主动打出CNOT门以陷入纠缠
  - 随后施加其他旋转门以增加振幅 a 和 d 的模长，接近 Alice



# 谢谢观看

请各位专家老师批评指正 😊

直接打出GG 小队

QUANTUM CHASE

