

表面码

表面码

表面码的基本组成

测量比特

注释：镇定测量

 2022-11-11

表面码的基本组成

- 比特阵列
- 数据比特(data qubits)和测量比特(measurement qubits)
- 基本操作：单比特转动操作，近邻间的 CNOT， \hat{Z} 基底上的测量，数据比特和测量比特间的 SWAP (以便实现拓扑版本的 H 门)

测量比特

每个测量比特与四个近邻的数据比特耦合，测量比特分为两种：

1. measure-Z 比特，也称 Z syndrome 比特，测量会使四个耦合的数据比特进入 $\hat{Z}_a \hat{Z}_b \hat{Z}_c \hat{Z}_d$ 的本征态，即测量了该 \hat{Z} 型的镇定子
2. measure-X 比特，也称 X syndrome 比特，测量会使四个耦合的数据比特进入 $\hat{X}_a \hat{X}_b \hat{X}_c \hat{X}_d$ 的本征态，即测量了该 \hat{X} 型的镇定子

[20]

每个数据比特与两个近邻的 measure-Z 比特、两个近邻的 measure-X 比特耦合。

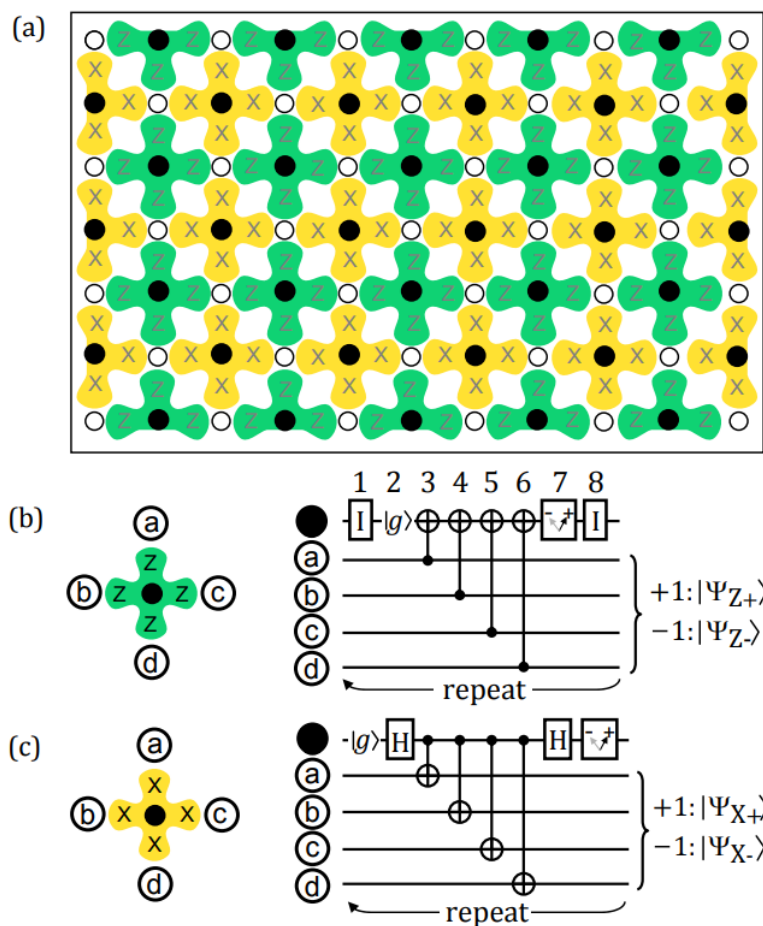


图 1. 白色圆圈为数据比特，黑色圆圈为测量比特。绿色为 measure-Z 比特，黄色为 measure-X 比特。

注释：镇定测量

对于一个 measure-Z 比特，其测量结果为 $+1$ （基态）和 -1 （激发态），暗示了其近邻耦合的四个数据比特 a, b, c, d 进入了某些特定的状态

a	b	c	d	measure-Z 输出
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

注：表中0和1对应基态 $|g\rangle$ 和激发态 $|e\rangle$ ，本征值分别为+1和-1

例如当 measure-Z 比特测量结果为 +1，就表明 a, b, c, d 处于下面的叠加态：

$$|\Psi_{Z+}\rangle = \sum_{a+b+c+d=\text{even}} A_{abcd} |abcd\rangle$$

反之，当 measure-Z 比特测量结果为 -1，就表明 a, b, c, d 处于下面的叠加态：

$$|\Psi_{Z-}\rangle = \sum_{a+b+c+d=\text{odd}} A_{abcd} |abcd\rangle$$

对于 measure-X 比特，在 \hat{X} 基底上有上述规律。