

Ficha de exercícios: Superdense coding

Para os seguintes exercícios utilize o Qiskit em Python. Pode utilizar o seguinte notebook como base: <https://tinyurl.com/quantumuc-sc>. Em alternativa, poderá desenhar os circuitos com o IBM Quantum Composer (<https://quantum.cloud.ibm.com/composer>).

Exercício 1. Em Qiskit, desenhe circuitos de dois qubits para preparar os estados $|00\rangle$, $|01\rangle$, $|10\rangle$, $|11\rangle$. Verifique que os estados estão bem preparados simulando cada circuito 1024 vezes e visualizando as contagens.

Exercício 2. Com base nos circuitos anteriores, crie quatro circuitos para preparar os estados entrelaçados de Bell $|\beta_{00}\rangle$, $|\beta_{01}\rangle$, $|\beta_{10}\rangle$, $|\beta_{11}\rangle$. Lembre-se que pode transformar os estados $|xy\rangle$ em $|\beta_{xy}\rangle$ aplicando-lhes o circuito



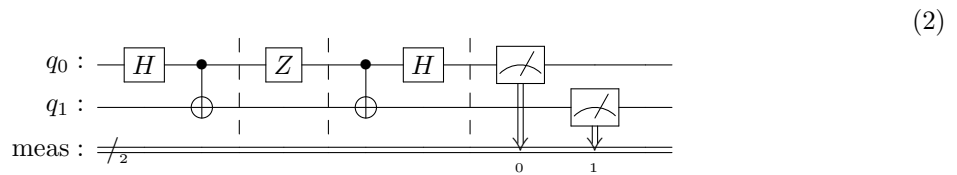
Verifique que os estados estão bem preparados simulando cada circuito 1024 vezes e visualizando as contagens.

Nota: para aplicar o CNOT utiliza-se a função `qc.cx(a, b)`, sendo **a** o qubit de controlo e **b** o qubit-alvo.

Exercício 3. Vamos agora criar circuito para simular o superdense coding. Vamso assumir que o circuito tem dois qubit: um para a Alice (em cima) e um para o Bob (em baixo). Para cada $(x, y) = (0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1)$, crie um circuito com a seguinte estrutura:

1. Preparação do estado $|\beta_{00}\rangle$;
2. Alice aplica a operação para preparar o estado $|\beta_{xy}\rangle$;
3. Bob aplica o circuito de Bell inverso para obter o estado $|xy\rangle$;
4. Bob mede os qubits

O seguinte circuito é um exemplo:



Verifique que os estados estão bem preparados simulando cada circuito 1024 vezes e visualizando as contagens.