Preparação de estados quânticos

Adenilton J. da Silva
www.cin.ufpe.br/~ajsilva

24 de setembro de 2020

Seção 1

Introdução

Preparação de estados quânticos

- Objetivo. Transferir informação de um computador para um dispositivo quântico.

$$(a_0, a_1, \cdots, a_{m-1}) \rightarrow a_0 |0\rangle + a_1 |1\rangle + \cdots + a_{m-1} |m-1\rangle$$

Preparação de estados quânticos

- Objetivo. Transferir informação de um computador para um dispositivo quântico.

$$(a_0, a_1, \cdots, a_{m-1}) \rightarrow a_0 |0\rangle + a_1 |1\rangle + \cdots + a_{m-1} |m-1\rangle$$

  - Devido ao teorema da não clonagem é necessário retransferir a informação sempre que ela for necessária.

Preparação de estados quânticos

- Objetivo. Transferir informação de um computador para um dispositivo quântico.

$$(a_0, a_1, \cdots, a_{m-1}) \rightarrow a_0 |0\rangle + a_1 |1\rangle + \cdots + a_{m-1} |m-1\rangle$$

  - Devido ao teorema da não clonagem é necessário retransferir a informação sempre que ela for necessária.
  - Decoerência da informação não permite que a transferência seja realizada antecipadamente.

Preparação de estados quânticos

- Objetivo. Transferir informação de um computador para um dispositivo quântico.

$$(a_0, a_1, \cdots, a_{m-1}) \to a_0 |0\rangle + a_1 |1\rangle + \cdots + a_{m-1} |m-1\rangle$$

  - Devido ao teorema da não clonagem é necessário retransferir a informação sempre que ela for necessária.
  - Decoerência da informação não permite que a transferência seja realizada antecipadamente.
  - O custo para inicializar um estado quântico pode dominar o custo total de um algoritmo.

Preparação de estados quânticos

Mottonen, Mikko, et al. "Transformation of quantum states using uniformly controlled rotations." arXiv preprint quant-ph/0407010 (2004).

Preparação de estados quânticos

- Dado um vetor 2^n dimensional $(a_0, \cdots, a_{2^n-1})$.
- Desejamos determinar um circuito U, onde $U\left|0\right\rangle^{\otimes n} = \sum_{m=0}^{2^n-1} a_m \left|m\right\rangle$

Seção 2

Preparação de um estado com 1 bit quântico

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$a\,|0\rangle + b\,|1\rangle$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$a\,|0\rangle + b\,|1\rangle$$

$$e^{ix_0} cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_1} sen(\gamma)\,|1\rangle$$

Escreva os números na forma exponencial

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$\boxed{a}\,|0\rangle + \boxed{b}\,|1\rangle$$

$$\boxed{e^{ix_0} cos(\gamma)}\,|0\rangle + \boxed{e^{ix_1} sen(\gamma)}\,|1\rangle$$

$$\boxed{Rz(x_0 - x_1)}\left(e^{ix_0} cos(\gamma)\boxed{|0\rangle} + e^{ix_1} sen(\gamma)\boxed{|1\rangle}\right)$$

Escreva os números na forma exponencial

Aplicar $Rz(-\theta_0)$,
$-\theta_0 = x_0 - x_1$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$\boxed{a} \left|0\right\rangle + \boxed{b} \left|1\right\rangle$$

$$\boxed{e^{ix_0} cos(\gamma)} \left|0\right\rangle + \boxed{e^{ix_1} sen(\gamma)} \left|1\right\rangle$$

$$\boxed{Rz(x_0 - x_1)} \left(e^{ix_0} cos(\gamma) \boxed{\left|0\right\rangle} + e^{ix_1} sen(\gamma) \boxed{\left|1\right\rangle}\right)$$

Escreva os números na forma exponencial

Aplicar $Rz(-\theta_0)$, $-\theta_0 = x_0 - x_1$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$a\,|0\rangle + b\,|1\rangle$$

$$e^{ix_0}cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_1}sen(\gamma)\,|1\rangle$$

$$Rz(x_0 - x_1)\left(e^{ix_0}cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_1}sen(\gamma)\,|1\rangle\right)$$

$$e^{ix_0}\;cos(\gamma)\,e^{-i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)}\,|0\rangle + e^{ix_1}sen(\gamma)\,e^{i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)}\,|1\rangle$$

Escreva os números na forma exponencial

Aplicar $Rz(-\theta_0)$,
$-\theta_0 = x_0 - x_1$

$$Rz(\theta)\,|0\rangle = e^{-i\theta/2}\,|0\rangle$$
$$Rz(\theta)\,|1\rangle = e^{i\theta/2}\,|1\rangle$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$a\,|0\rangle + b\,|1\rangle$$

$$e^{ix_0}cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_1}sen(\gamma)\,|1\rangle$$

$$Rz(x_0 - x_1)\left(e^{ix_0}cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_1}sen(\gamma)\,|1\rangle\right)$$

$$e^{ix_0}\;cos(\gamma)\,e^{-i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)}\,|0\rangle + e^{ix_1}sen(\gamma)\,e^{i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)}\,|1\rangle$$

$$e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}sen(\gamma)\,|1\rangle$$

Escreva os números na forma exponencial

Aplicar $Rz(-\theta_0)$,
$-\theta_0 = x_0 - x_1$

$$Rz(\theta)\,|0\rangle = e^{-i\theta/2}\,|0\rangle$$
$$Rz(\theta)\,|1\rangle = e^{i\theta/2}\,|1\rangle$$

$$e^{ix_0}\cdot e^{-i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)} = e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}$$
$$e^{ix_1}\cdot e^{i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)} = e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$\boxed{a}\,|0\rangle + \boxed{b}\,|1\rangle$$

$$\boxed{e^{ix_0}cos(\gamma)}\,|0\rangle + \boxed{e^{ix_1}sen(\gamma)}\,|1\rangle$$

$$\boxed{Rz(x_0 - x_1)}\left(e^{ix_0}cos(\gamma)\,\boxed{|0\rangle} + e^{ix_1}sen(\gamma)\,\boxed{|1\rangle}\right)$$

$$e^{ix_0}\ cos(\gamma)\,\boxed{e^{-i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)}\,|0\rangle} + e^{ix_1}sen(\gamma)\,\boxed{e^{i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)}\,|1\rangle}$$

$$e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}(cos(\gamma)\,|0\rangle + sen(\gamma)\,|1\rangle)$$

Escreva os números na forma exponencial

Aplicar $Rz(-\theta_0)$,
$-\theta_0 = x_0 - x_1$

$$Rz(\theta)\,|0\rangle = e^{-i\theta/2}\,|0\rangle$$
$$Rz(\theta)\,|1\rangle = e^{i\theta/2}\,|1\rangle$$

$$e^{ix_0}\cdot e^{-i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)} = e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}$$
$$e^{ix_1}\cdot e^{i\left(\frac{x_0-x_1}{2}\right)} = e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$Ry(-\theta_1)\,(e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}(\,cos(\gamma)\,|0\rangle + sen(\gamma)\,|1\rangle))$$

$$\theta_1 = 2\cdot\gamma$$
$$Ry(\theta_1)\,|0\rangle = cos(\gamma)\,|0\rangle + sen(\gamma)\,|1\rangle$$
$$Ry(\theta_1)^\dagger = Ry(-\theta_1)$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$\boxed{Ry(-\theta_1)}\,(e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}(\boxed{cos(\gamma)\,|0\rangle + sen(\gamma)\,|1\rangle}))$$

$$= e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}(|0\rangle)$$

$$\theta_1 = 2\cdot\gamma$$
$$Ry(\theta_1)\,|0\rangle = cos(\gamma)\,|0\rangle + sen(\gamma)\,|1\rangle$$
$$Ry(\theta_1)^{\dagger} = Ry(-\theta_1)$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$Ry(-\theta_1)\,(e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}(\,cos(\gamma)\,|0\rangle + sen(\gamma)\,|1\rangle))$$

$$\theta_1 = 2 \cdot \gamma$$
$$Ry(\theta_1)\,|0\rangle = cos(\gamma)\,|0\rangle + sen(\gamma)\,|1\rangle$$
$$Ry(\theta_1)^\dagger = Ry(-\theta_1)$$

$$= e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}(|0\rangle)$$

$$-\theta_2 = x_0 + x_1$$

$$Rz(-\theta_2)e^{i\left(\frac{x_0+x_1}{2}\right)}(|0\rangle) = |0\rangle$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$|\psi\rangle = a\,|0\rangle + b\,|1\rangle =$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$|\psi\rangle = a\,|0\rangle + b\,|1\rangle = e^{ix_1} cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_2} sen(\gamma)\,|0\rangle$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$|\psi\rangle = a\,|0\rangle + b\,|1\rangle = e^{ix_1} cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_2} sen(\gamma)\,|0\rangle$$
$$\theta_0 = x_1 - x_0,\ \theta_1 = 2 \cdot \gamma,\ \theta_2 = -(x_0 + x_1)$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$|\psi\rangle = a\,|0\rangle + b\,|1\rangle = e^{ix_1}cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_2}sen(\gamma)\,|0\rangle$$
$$\theta_0 = x_1 - x_0,\ \theta_1 = 2\cdot\gamma,\ \theta_2 = -(x_0 + x_1)$$

$$Rz(-\theta_2)Ry(-\theta_1)Rz(-\theta_0)(a\,|0\rangle + b\,|1\rangle) = |0\rangle$$

Preparação de estados quânticos

Um qubit

$$|\psi\rangle = a\,|0\rangle + b\,|1\rangle = e^{ix_1} cos(\gamma)\,|0\rangle + e^{ix_2} sen(\gamma)\,|0\rangle$$
$$\theta_0 = x_1 - x_0,\ \theta_1 = 2\cdot\gamma,\ \theta_2 = -(x_0 + x_1)$$

$$Rz(-\theta_2)Ry(-\theta_1)Rz(-\theta_0)(a\,|0\rangle + b\,|1\rangle) = |0\rangle$$

$$\boxed{Rz(\theta_0)Ry(\theta_1)Rz(\theta_2)\,|0\rangle = a\,|0\rangle + b\,|1\rangle}$$

Seção 3

Preparação de estado com múltiplos bits quânticos

Preparação de estados quânticos

Dois qubits

$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$

Preparação de estados quânticos

Dois qubits

$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$

Preparação de estados quânticos

Dois qubits

$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$

$$\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2} \left(\frac{a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle}{\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2}} \right) + \sqrt{|a_2|^2 + |a_3|^2} \left(\frac{a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle}{\sqrt{|a_2|^2 + |a_3|^2}} \right)$$

Preparação de estados quânticos

Dois qubits

$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$

$$\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2} \left(\frac{a_0|00\rangle + a_1|01\rangle}{\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2}} \right) + \sqrt{|a_2|^2 + |a_3|^2} \left(\frac{a_2|10\rangle + a_3|11\rangle}{\sqrt{|a_2|^2 + |a_3|^2}} \right)$$

Preparação de estados quânticos

Dois qubits

$$a_0 \left|00\right\rangle + a_1 \left|01\right\rangle + a_2 \left|10\right\rangle + a_3 \left|11\right\rangle$$

$$\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2} \left(\frac{a_0|00\rangle + a_1|01\rangle}{\sqrt{|a_0|^2+|a_1|^2}} \right) + \sqrt{|a_2|^2 + |a_3|^2} \left(\frac{a_2|10\rangle + a_3|11\rangle}{\sqrt{|a_2|^2+|a_3|^2}} \right)$$

$$\left|0\right\rangle \left(e^{ix_0} cos(\gamma_1) \left|0\right\rangle + e^{ix_1} sen(\gamma_1) \left|1\right\rangle \right) \qquad \left|1\right\rangle \left(e^{ix_2} cos(\gamma_2) \left|0\right\rangle + e^{ix_3} sen(\gamma_2) \left|1\right\rangle \right)$$

Preparação de estados quânticos

Dois qubits

$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$

$$\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2} \left(\frac{a_0|00\rangle + a_1|01\rangle}{\sqrt{|a_0|^2+|a_1|^2}} \right) + \sqrt{|a_2|^2 + |a_3|^2} \left(\frac{a_2|10\rangle + a_3|11\rangle}{\sqrt{|a_2|^2+|a_3|^2}} \right)$$

$$|0\rangle \left(e^{ix_0} cos(\gamma_1) |0\rangle + e^{ix_1} sen(\gamma_1) |1\rangle \right)$$

$$-\theta_1 = x_0 - x_1,\ \alpha_1 = 2 \cdot \gamma_1$$

$$|1\rangle \left(e^{ix_2} cos(\gamma_2) |0\rangle + e^{ix_3} sen(\gamma_2) |1\rangle \right)$$

$$-\theta_2 = x_2 - x_3,\ \alpha_2 = 2 \cdot \gamma_2$$

Preparação de estados quânticos

Dois qubits

$$a_0 \left|00\right\rangle + a_1 \left|01\right\rangle + a_2 \left|10\right\rangle + a_3 \left|11\right\rangle$$

$$\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2}\left(\frac{a_0|00\rangle + a_1|01\rangle}{\sqrt{|a_0|^2+|a_1|^2}}\right) + \sqrt{|a_2|^2 + |a_3|^2}\left(\frac{a_2|10\rangle + a_3|11\rangle}{\sqrt{|a_2|^2+|a_3|^2}}\right)$$

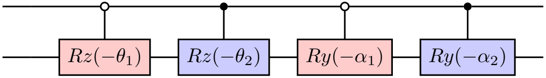
$$\left|0\right\rangle \left(e^{ix_0} cos(\gamma_1) \left|0\right\rangle + e^{ix_1} sen(\gamma_1) \left|1\right\rangle\right)$$

$$-\theta_1 = x_0 - x_1,\ \alpha_1 = 2 \cdot \gamma_1$$

$$\left|1\right\rangle \left(e^{ix_2} cos(\gamma_2) \left|0\right\rangle + e^{ix_3} sen(\gamma_2) \left|1\right\rangle\right)$$

$$-\theta_2 = x_2 - x_3,\ \alpha_2 = 2 \cdot \gamma_2$$

$$a_0 \left|00\right\rangle + a_1 \left|01\right\rangle + a_2 \left|10\right\rangle + a_3 \left|11\right\rangle$$



$$e^{i(x_0+x_1)}\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2} \left|00\right\rangle + e^{i(x_2+x_3)}\sqrt{|a_2|^2 + |a_3|^2} \left|10\right\rangle$$

Preparação de estados

dois qubits

$$e^{i(x_0+x_1)}\sqrt{|a_0|^2+|a_1|^2}\,|00\rangle + e^{i(x_2+x_3)}\sqrt{|a_2|^2+|a_3|^2}\,|10\rangle$$

Preparação de estados

dois qubits

$$e^{i(x_0+x_1)}\sqrt{|a_0|^2+|a_1|^2}\,|00\rangle + e^{i(x_2+x_3)}\sqrt{|a_2|^2+|a_3|^2}\,|10\rangle$$

$$e^{i(x_0+x_1)}cos(\gamma_0)\,|00\rangle + e^{i(x_2+x_3)}sen(\gamma_0)\,|10\rangle$$

Preparação de estados

dois qubits

$$e^{i(x_0+x_1)}\sqrt{|a_0|^2+|a_1|^2}\,|00\rangle + e^{i(x_2+x_3)}\sqrt{|a_2|^2+|a_3|^2}\,|10\rangle$$

$$e^{i(x_0+x_1)}cos(\gamma_0)\,|00\rangle + e^{i(x_2+x_3)}sen(\gamma_0)\,|10\rangle$$

$$-\theta_0 = (x_0+x_1)-(x_2+x_3),\ \alpha_0 = 2\cdot\gamma_0$$

Preparação de estados

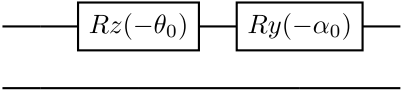
dois qubits

$$e^{i(x_0+x_1)}\sqrt{|a_0|^2+|a_1|^2}\,|00\rangle + e^{i(x_2+x_3)}\sqrt{|a_2|^2+|a_3|^2}\,|10\rangle$$

$$e^{i(x_0+x_1)}cos(\gamma_0)\,|00\rangle + e^{i(x_2+x_3)}sen(\gamma_0)\,|10\rangle$$

$$-\theta_0 = (x_0+x_1)-(x_2+x_3),\ \alpha_0 = 2\cdot\gamma_0$$

$$e^{i(x_0+x_1)}\sqrt{|a_0|^2+|a_1|^2}\,|00\rangle + e^{i(x_2+x_3)}\sqrt{|a_2|^2+|a_3|^2}\,|10\rangle$$

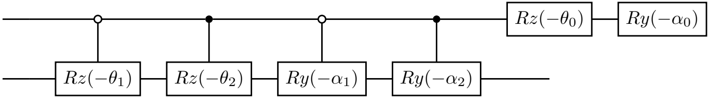


$$e^{i(x_0+x_1+x_2+x_3)}\,|00\rangle$$

Preparação de estados

dois qubits

$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$

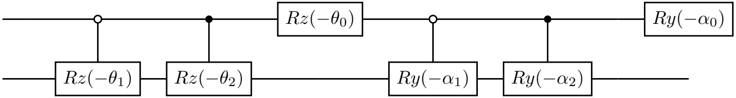


$$e^{i(x_0+x_1+_2+x_3)} |00\rangle$$

Preparação de estados

dois qubits

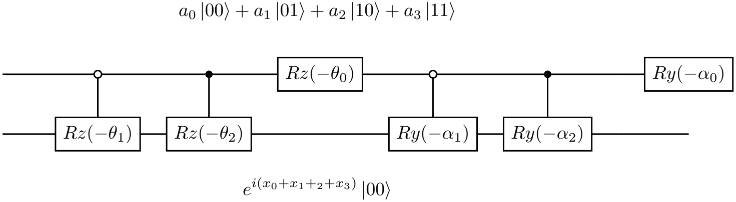
$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$



$$e^{i(x_0+x_1+_2+x_3)} |00\rangle$$

Preparação de estados

dois qubits



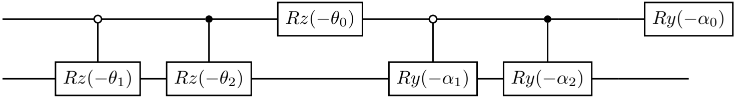
O circuito inverso irá transformar $e^{i(x_0+x_1+x_2+x_3)} |00\rangle$ em

$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$

Preparação de estados

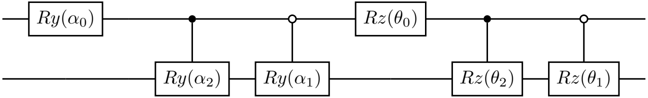
dois qubits

$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$



$$e^{i(x_0+x_1+_2+x_3)} |00\rangle$$

$$e^{i(x_0+x_1+_2+x_3)} |00\rangle$$

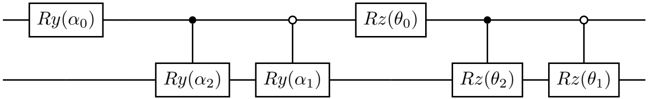


$$a_0 |00\rangle + a_1 |01\rangle + a_2 |10\rangle + a_3 |11\rangle$$

Preparação de estados

dois qubits

$$e^{i(x_0+x_1+_2+x_3)}\left|00\right\rangle$$



$$a_0\left|00\right\rangle + a_1\left|01\right\rangle + a_2\left|10\right\rangle + a_3\left|11\right\rangle$$

Preparação de estados quânticos

Um algoritmo baseado em (quant-ph/0407010)

$$\sqrt{0.03}\ \sqrt{0.07}\ \sqrt{0.15}\ \sqrt{0.05}\quad \sqrt{0.1}\quad \sqrt{0.3}\quad \sqrt{0.2}\quad \sqrt{0.1}$$

(a) Árvore de estados

(b) Árvore de ângulos.

Preparação de estados quânticos

Um algoritmo baseado em (quant-ph/0407010)

$$
\begin{array}{cccccccc}
\multicolumn{2}{c}{\sqrt{0.1}} & \multicolumn{2}{c}{\sqrt{0.2}} & \multicolumn{2}{c}{\sqrt{0.4}} & \multicolumn{2}{c}{\sqrt{0.3}} \\
/ & \backslash & / & \backslash & / & \backslash & / & \backslash \\
\sqrt{0.03} & \sqrt{0.07} & \sqrt{0.15} & \sqrt{0.05} & \sqrt{0.1} & \sqrt{0.3} & \sqrt{0.2} & \sqrt{0.1}
\end{array}
$$

(a) Árvore de estados

(b) Árvore de ângulos.

Preparação de estados quânticos

Um algoritmo baseado em (quant-ph/0407010)

$$\sqrt{0.3} \qquad \sqrt{0.7}$$

$$\sqrt{0.1} \quad \sqrt{0.2} \quad \sqrt{0.4} \quad \sqrt{0.3}$$

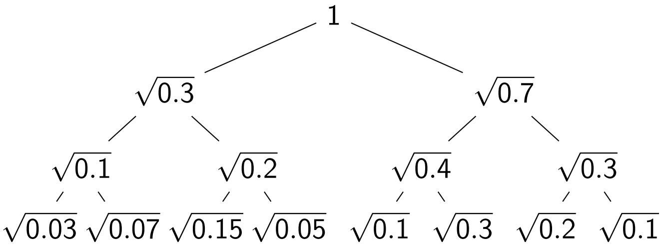
$$\sqrt{0.03} \; \sqrt{0.07} \; \sqrt{0.15} \; \sqrt{0.05} \; \sqrt{0.1} \; \sqrt{0.3} \; \sqrt{0.2} \; \sqrt{0.1}$$

(a) Árvore de estados

(b) Árvore de ângulos.

Preparação de estados quânticos

Um algoritmo baseado em (quant-ph/0407010)



(a) Árvore de estados

(b) Árvore de ângulos.

Preparação de estados quânticos

Um algoritmo baseado em (quant-ph/0407010)

$$1$$

$$\sqrt{0.3} \qquad \sqrt{0.7}$$

$$\sqrt{0.1} \quad \sqrt{0.2} \quad \sqrt{0.4} \quad \sqrt{0.3}$$

$$\sqrt{0.03} \; \sqrt{0.07} \; \sqrt{0.15} \; \sqrt{0.05} \; \sqrt{0.1} \; \sqrt{0.3} \; \sqrt{0.2} \; \sqrt{0.1}$$

(a) Árvore de estados

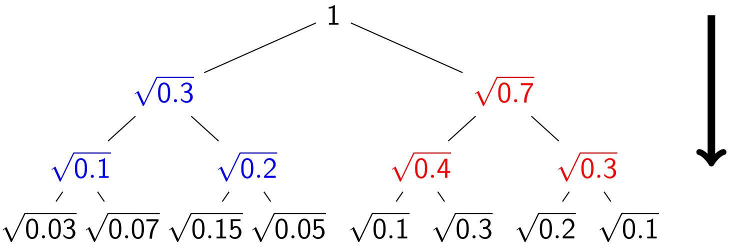
α_0

$$R_y(\alpha_0)|0\rangle = \sqrt{0.3}|0\rangle + \sqrt{0.7}|1\rangle$$

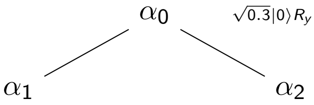
$$\alpha_0 = 2 \cdot asen\left(\frac{\sqrt{0.7}}{1}\right)$$

Preparação de estados quânticos

Um algoritmo baseado em (quant-ph/0407010)



(a) Árvore de estados



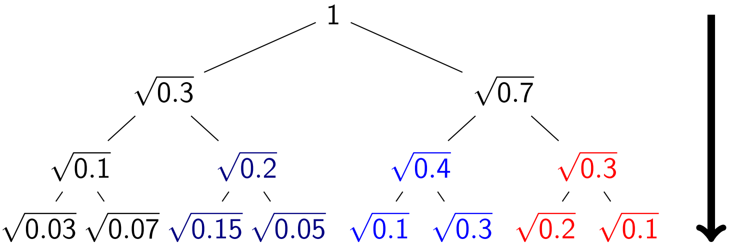
$$\sqrt{0.3}|0\rangle R_y(\alpha_1)|0\rangle + \sqrt{0.7}|1\rangle R_y(\alpha_2)|0\rangle$$

$$\alpha_1 = 2 \cdot asen\left(\frac{\sqrt{0.2}}{\sqrt{0.3}}\right)$$

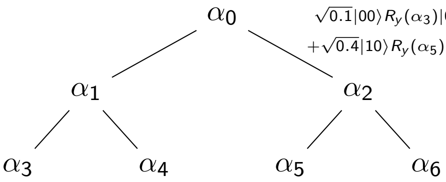
$$\alpha_2 = 2 \cdot asen\left(\frac{\sqrt{0.3}}{\sqrt{0.7}}\right)$$

Preparação de estados quânticos

Um algoritmo baseado em (quant-ph/0407010)



(a) Árvore de estados



$$\sqrt{0.1}|00\rangle R_y(\alpha_3)|0\rangle + \sqrt{0.2}|01\rangle R_y(\alpha_4)|0\rangle$$
$$+\sqrt{0.4}|10\rangle R_y(\alpha_5)|0\rangle + \sqrt{0.3}|11\rangle R_y(\alpha_6)|0\rangle$$

$$\alpha_3 = 2 \cdot asin\left(\frac{\sqrt{0.07}}{\sqrt{0.1}}\right)$$
$$\alpha_4 = 2 \cdot asin\left(\frac{\sqrt{0.05}}{\sqrt{0.2}}\right)$$
$$\alpha_5 = 2 \cdot asin\left(\frac{\sqrt{0.3}}{\sqrt{0.4}}\right)$$
$$\alpha_6 = 2 \cdot asin\left(\frac{\sqrt{0.1}}{\sqrt{0.3}}\right)$$

Preparação de estados quânticos

Um algoritmo baseado em (quant-ph/0407010)

- $O(2^n)$ operações para preparar um estado com n bits quânticos;

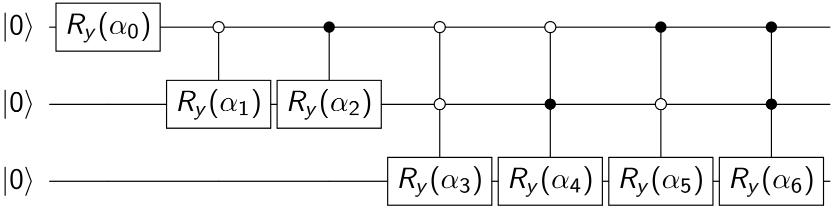


Figura: Circuito para carregar um vetor real de dimensão 8 em um dispositivo quântico.