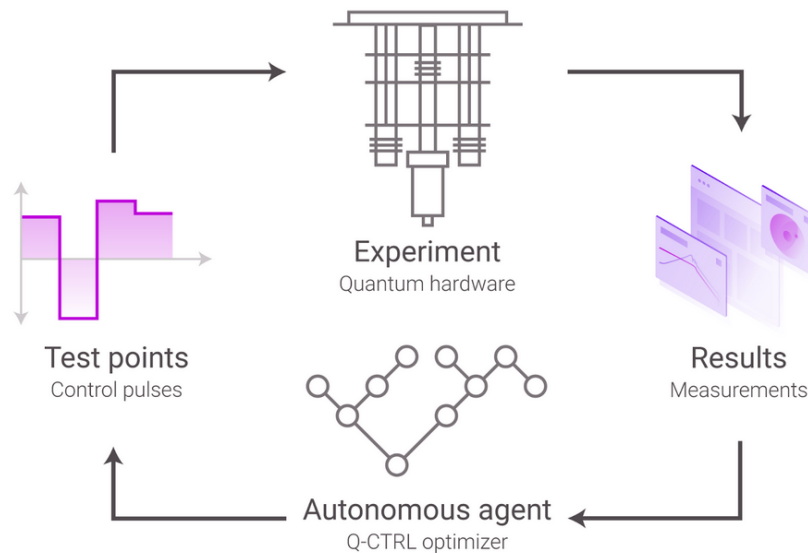


Sumário

Time 8

Para esse caso nós não temos uma descrição matemática para o qubit em questão, mas ainda podemos seguir com um controle otimizado, portanto foi optado pelo uso de Closed-Loop Experimental Optimization, como descrito em [1].

Desse modo, o otimizador realizará essa otimização com base em uma função de custo derivada diretamente da interação com o qubit. Como estamos tentando obter o menor erro para a porta, o valor da infidelidade foi usado como parâmetro a ser minimizado e ele foi obtido com base nas medições obtidas do sistema. Para o caso da operação X, nós esperamos que o resultado seja o estado $|1\rangle$ 100% das vezes, logo a porcentagem de erro é igual a soma das porcentagens dos estados $|0\rangle$ e $|2\rangle$, já para a operação H o estado esperado seria uma superposição entre $|1\rangle$ e $|0\rangle$ com igual probabilidade, logo o erro é $|0.5-p_0|+|0.5-p_1|+p_2$, onde p_0, p_1 e p_2 correspondem às porcentagens dos estados $|0\rangle$, $|1\rangle$ e $|2\rangle$ respectivamente.

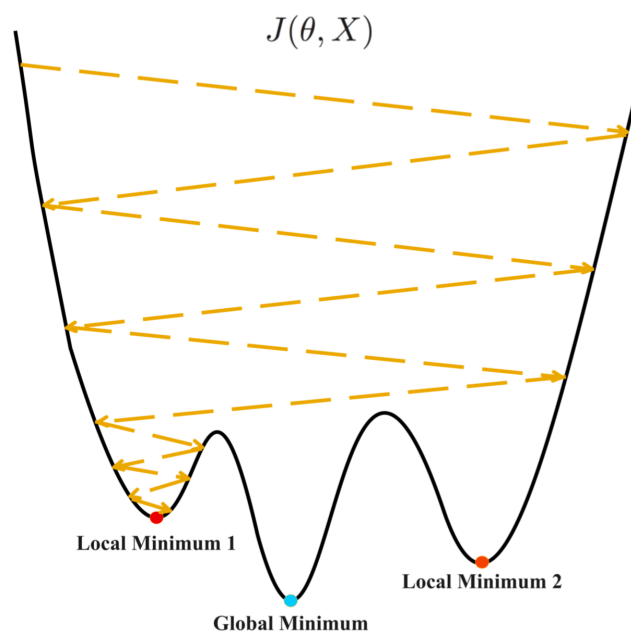


A implementação para o problema foi adaptada do apresentada em [2] mudando principalmente a função de custo e configurações de otimização. Para a função de custo, como foi mencionado anteriormente os custos foram obtidos com base na execução dos pulsos no qubit na cloud. A variável de otimização foram apenas as amplitudes e fases do sinal, o que simplificou a implementação. No entanto, para uma melhor exploração da superfície de erro a adição das outras variáveis como duração, número de segmentos e repetições poderia trazer ganhos para a minimização com o revés de que isso aumentaria também a complexidade e tempo do problema muito provavelmente. Essas modificações são uma possibilidade de melhoria para a nossa implementação, como em [3].

Ainda assim, explorando algumas dessas variáveis manualmente já foi possível obter resultados satisfatórios para o propósito do problema em questão. As vantagens de usar um problema de otimização e minimização de uma função de custo para a obtenção desses parâmetros é que esse tipo de abordagem é extremamente flexível, com a função de custo podendo ser definida de modo a priorizar alguns tipos resultados ao invés de outros. Assim, mesmo nem sempre obtendo a solução ótima global ao menos podemos aumentar as chances de termos algumas características desejadas, como menor leakage ou menor erro total. Além disso, esse tipo de projeto pode ser adaptado para

portas multi-qubit sem a necessidade de muitas alterações e não exige um conhecimento muito especializado quanto ao modelo matemático correspondendo ao sistema.

Algumas possibilidades de melhoria do sistema aplicado são, além do já mencionado de adicionar mais dos parâmetros do problema ao otimizador, uma melhor escolha das condições iniciais e o teste de outros tipos de otimizadores. Quanto às condições iniciais, a escolha delas pode ser muito importante em problemas de minimização/maximização devido a possíveis bacias de atração na superfície de erros que fazem com que o problema fique preso em mínimos/máximos locais e não consiga encontrar os globais. Inicializando o problema mais próximo do ótimo global aumenta as chances dele ser encontrado. Para isso, se tivermos alguma informação quanto ao sistema, podemos encontrar o sinal para a aplicação em situações simplificadas e/ou ideais e usar esse valor como início para a busca usando o sistema real ao invés de começar em um vetor aleatório. Outro fator que poderia ajudar com isso é a escolha do otimizador, com algoritmos como os de annealing que possuem uma maior capacidade de escapar desses mínimos locais em uma variedade de situações devido a forma como eles funcionam. Por fim, tendo mais informações quanto ao sistema, mais restrições poderiam ser impostas ao otimizador, o que reduziria seu tempo de execução.



Referências:

- [1] <https://docs.q-ctrl.com/boulder-opal/topics/choosing-a-control-design-optimization-strategy-in-boulder-opal>
- [2] <https://docs.q-ctrl.com/boulder-opal/user-guides/how-to-automate-closed-loop-hardware-optimization>
- [3] <https://docs.q-ctrl.com/boulder-opal/application-notes/designing-noise-robust-single-qubit-gates-for-ibm-qiskit>