Vừa mới tốt nghiệp xong thì bắt tay vô nghiên cứu qc tiếp thôi, tháng trước tìm hiểu một số ứng dụng thực tế của thằng này thì có thuật HHL giải hệ phương trình tuyến tính khá nhanh.

Tuy nhiên, muốn hiểu được HHL thì phải hiểu Quantumm phase estimation, mà muốn hiểu quantum phase estimation thì lại phải hiểu phase kickback, một ý tưởng core, đọc qua ban đầu thì có vẻ rất ngớ ngẩn nhưng rất thiên tài. Các ý tưởng trong qc luôn làm tui superised bởi vì độ kick thích của nó khi người đọc bắt đầu nhận ra lý do nó ra đời đằng sau đó.

Và nó khiến tôi mất 5 ngày suy nghĩ để hiểu.

Hầu như các newbie như tui khi đọc đến phase kickback đều ko hiểu nó sinh ra làm cái quái gì, có tác dụng gì, rất khó chịu. Các cụ lão thành thì lại giải thích theo kiểu, m biết hết rồi lại càng khiến t ức chế. Do đó, t sẽ lưu lại bài viết này do có một số ý khai triển rất hay.

Mọi thứ sẽ có liên kết rất chặt chẽ với nhau nên t sẽ đi từ thứ cơ bản nhất.

Đầu tiên là khái niệm global phase và relative phase:

Chúng ta xét trạng thái phi cơ bản như sau, với c1, c2 là các biên độ phức:

Vì c1, c2 là số phức nên có thể viết lại dưới dạng sử dụng công thức Euler:

Nếu kéo hệ số e^iphi1 ra ngoài, ta sẽ thấy phi xuất hiện ở hai chỗ, 1 là trong ngoặc, 2 là ngoài ngoặc.

Thằng trong ngoặc sẽ đc gọi là relative phase (pha tương đối), gọi là tương đối vì nó sẽ maybe thay đổi trong tương lai. Thằng ngoài ngoặc được gọi là global phase (pha toàn cục). Nếu chúng ta thực hiện phép đo trên phi (bằng cách tích nội với chính nó)

Thì global phase mất tiêu :v, => nếu thay đổi global phase trong tương lai thì cũng chẳng ảnh hưởng mẹ gì tới phi => thông tin giá trị sẽ nằm ở relative phase => Đây là nhược điểm cũng như ưu điểm chí mạng

Dẫn lời 2 bác này:

*The relative phase is an observable quantity in Quantum Theory and it can be changed when a state evolved in accordance with the Schrodinger's equation iℏddt|ψ⟩=H^|ψ⟩iℏddt|ψ⟩=H^|ψ⟩.*

*The relative phase has also great importance when we consider the density matrix for a state defined as ρ=|ψ⟩⟨ψ|ρ=|ψ⟩⟨ψ| which for the example above is:*

*ρ=r21|0⟩⟨0|+r1r2ei(θ1−θ2)|0⟩⟨1|+r2r1ei(θ2−θ1)|1⟩⟨0|+r22|1⟩⟨1|ρ=r12|0⟩⟨0|+r1r2ei(θ1−θ2)|0⟩⟨1|+r2r1ei(θ2−θ1)|1⟩⟨0|+r22|1⟩⟨1|*

*where it is only the relative phase that appears and not the global phase. In Quantum Information point of view, this relative phase appearing in the off-diagonal terms of the above matrix carries the information of****coherence****of the system which is one of the most unique properties of quantum systems.*

*These are some general concerns of relative and global phases. It does not make any sense to talk about a relative phase for a single complex number zz.*

*Also, please see the wiki articles of such concepts, they clear enough content on these as a good start. Here you can refer to*[*https://en.wikipedia.org/wiki/Qubit*](https://en.wikipedia.org/wiki/Qubit)*, mainly the Bloch sphere section.*

…

4

From a physical point of view, there couldn't be a bigger difference.

Global phases are artefacts of the mathematical framework you are using, and have no physical meaning. Two states differing only by a global phase represent the same physical system. Indeed, a more careful treatment of quantum mechanics would involve defining quantum states as elements of a *projective* Hilbert space, in which all elements differing only by a phase are identified as equal.

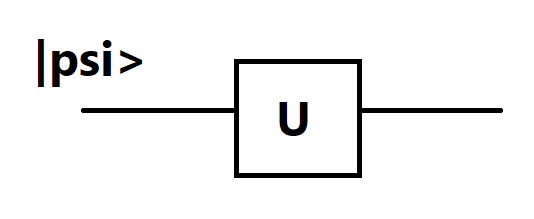
On the other hand, relative phases are in some sense the core of quantum mechanics. States differing by a relative phase are different systems that evolve in different ways, although they will appear identical if only measured in the measurement basis in which they only differ by such relative phase.

Tiếp theo,, ta sẽ gặp th phase kickback ở trong một số giải thuật cụ thể, mà vấn đề chung của những giải thuật đó là như sau:

Cho một toán tử Unita U (th này là một blackbox, là một thứ gì đó cần evaluate, như một hàm f – ta cần đánh giá f là hàm hằng hay hàm cân bằng), nếu |phi> là eigenvector của U thì ta có phương trình cơ bản sau là định nghĩa của eigenvector, eigenvalue:

U|psy> =

Và bài toán của chúng ta có input là |psy> và cần tìm lambda, nếu làm theo tư duy bần nông của newbie thì sẽ làm như sau:



Tuy nhiên, lambda chỉ là scalar multiply với một state, nên khi tiến hành đo nó sẽ vanish (mất tiêu luôn) => ko lôi kết quả ra được theo cách thông thường. Các cụ đã chế ra phase kickback dựa trên 3 ý tưởng sau:

Encode result (chia để trị): vì phi không thể đo trực tiếp bằng biên độ phức của state được nên chúng ta phải encode nó về dạng binary (ví dụ 0.625 => 0.101) sau đó tải lên n wire để đo từng bit trong đống binary đó, tuy nhiên cách này sẽ có hạn chế là càng muốn chính xác (càng get đc nhiều chữ số thập phân sau dấu ,) thì phải mạnh tay chi nhiều qubit để ghi kết quả.

Control GATE: …

Nếu thay control way = trạng thái chồng chất thì phase thay vì ảnh hưởng trên target way như thường thấy thì nó sẽ bị đá lại lên trên (kick back).