



در دورنوردي کوانتومي، با استفاده از اشتراك يك حالت درهمتنide کوانتومي و يك کanal کلاسيکي، می توان اطلاعات کوانتومي را مخابره کرد. در واقع در دورنوردي کوانتومي، يك کيوبيت اوليه در مبدأ، بر روی يك حالت کوانتومي در مقصد بازسازی می شود. در اين روش اطلاعات کوانتومي بدون لينک کوانتومي ميان مبدأ و مقصد و تنها با استفاده از اشتراك يك حالت کوانتومي درهمتنide و يك کanal ارتباط کلاسيک برای ارتباط قابل انتقال هستند!

در اين پروژه باید يك حالت کوانتومي مشخص را، با استفاده از پروتکل دورنوردي کوانتومي مخابره کنيد. فرض کنيد آليس يك کيوبيت در اختيار دارد. او قصد دارد اطلاعات موجود در اين کيوبيت را به باب منتقل کند. يك حالت کوانتومي درهمتنide به صورت زير ميان آليس و باب به اشتراك گذاشته شده است:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \quad (1)$$

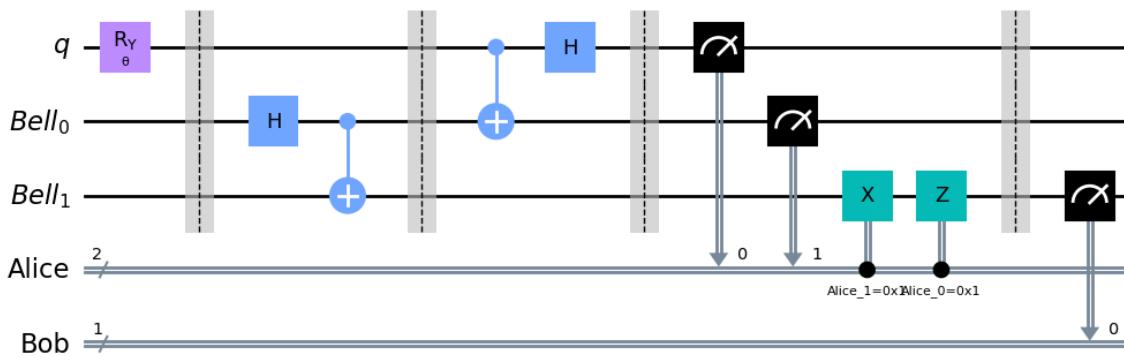
كه از اين حالت درهمتنide دو کيوبيتي، کيوبيت اول به آليس و کيوبيت دوم به باب داده می شود. بنابراین دو کيوبيت در دست آليس و يك کيوبيت در دست باب خواهد بود.

۱- برای کيوبيت اول آليس، که قصد دارد آن را به باب بفرستد يك رجيستر کوانتومي بسازيد. يك گيت دوران به اندازه يك زاويه θ حول محور Z روی آن اعمال کنيد. سپس دو رجيستر کوانتومي ديگر، مربوط به کيوبيت اشتراكی درهمتنide که يكی در دست باب (Bell0) و يكی در دست آليس (Bell1) قرار خواهد داشت به مدار اضافه کنيد. هم چنین دو رجيستر کلاسيکی برای آليس و باب بسازيد و به مدار اضافه کنيد. [۱]

۲- حالت کوانتومي اشتراكی درهمتنide را روی رجيستر هاي مربوط به حالت (Bell) بسازيد. (باتوجه به (۱)) با اعمال يك گيت Hadamard روی (Bell0) و يك گيت CNOT که کنترل آن روی کيوبيت (Bell0) و هدف آن روی (Bell1) قرار دارد، کيوبيت اول حالت اشتراكی را به آليس، و ديگری را به باب بدھيد. شكل مدار خروجی را در اين مرحله رسم کنيد.

۳-۱- ساير مراحل لازم برای ساخت مدار دورنوردي کوانتومي را انجام دهيد.
راهنمایي: شماتيك مدار در شکل زير آمده است. از اين شکل برای تكميل و رفع ابهام در مراحل ساخت مدار استفاده کنيد.

در هر مرحله از تکمیل مدار، روند منطقی عملیات به کار رفته را توضیح دهید. شکل نهایی مدار را رسم کنید. (در مدار زیر، آلیس پس از اندازه‌گیری، نتایج خود را از طریق یک کانال کلاسیکی به باب منتقل می‌کند. در نتیجه باب می‌تواند حالت کوانتومی موجود در دست خودش را با اعمال گیت به طوری تغییر دهد که حالت کوانتومی اولیه در دست آلیس بازسازی شود.)



۳-۲- برای هر حالت اندازه‌گیری آلیس، باب پس از مطلع شدن چه گیتی را باید اعمال کند تا حالت کوانتومی آلیس را بازسازی کند؟ تمام حالات را بنویسید.

* ۴- توضیح دهید آیا در این روش اطلاعات می‌توانند با سرعتی بیشتر از سرعت نور منتقل شوند؟

نکاتی که باید توجه داشته باشید:

- الف) مهلت ارسال در سربرگ تمرین همچنین در ایلن درج شده است.
- ب) کلیه تمرینات به زبان فارسی و از طریق ایلن دریافت می‌شوند و دیگر شیوه‌های ارسال تمرین پذیرفته نیست.
- ج) قالب تمرینات به صورت \LaTeX و تنها در **Template** تمرینات مورد پذیرش است. (\LaTeX در ایلن در دسترس است).
- د) فایل تمرین ارسالی باید شامل فایل‌های مورد نیاز به جهت اجرای فایل \LaTeX به همراه PDF باشد. نام این فایل را به صورت زیر انتخاب کنید:

QIP_P#_Student#_Name

ز) ارسال با تاخیر تمرین، تنها تا ۳ روز پس از مهلت تمرین امکان پذیر بوده و به ازای هر روز ۱۰ درصد کسر نمره خواهد داشت. پس از گذشت این مهلت، امکان ارسال تمرین میسر نیست.

س) مهلت اعتراض به نمره هر تمرین تنها تا دو روز پس از اعلام نمره امکان پذیر بوده و پس از اتمام این مهلت، اعتراض مسموع نیست.

ک) موارد ستاره‌دار به صورت امتیازی بوده و تاثیر آن تنها بر نمره همین پروژه است.

مراجع

- [1] "Quantum registers, qiskit 1 minute," <https://www.youtube.com/watch?v=lvhqbvsSrjU>, 2023.