



مهلت: ۹ دی ۱۴۰۱

پردازش اطلاعات کوانتومی

پاییز ۱۴۰۱



پروژه ۱

مقدمه

در این پروژه به صورت مقدماتی با مدارهای کوانتومی آشنا می‌شوید.

۱ Rotation Gate

فایلی تحت عنوان QipToffoli را از سایت درس دانلود کنید. در بخش اول این فایل، rotation gate حول محور x بر روی یک کیوبیت اعمال شده است. در حقیقت، با استفاده از دستور زیر دوران به اندازه π اعمال شده است:

```
qc.rx(np.pi, 0)
```

سپس، این مدار با استفاده از شبیه‌ساز unitary شبیه‌سازی شده است. با مشاهده خروجی و جستجو در اینترنت به سؤالات زیر پاسخ دهید:

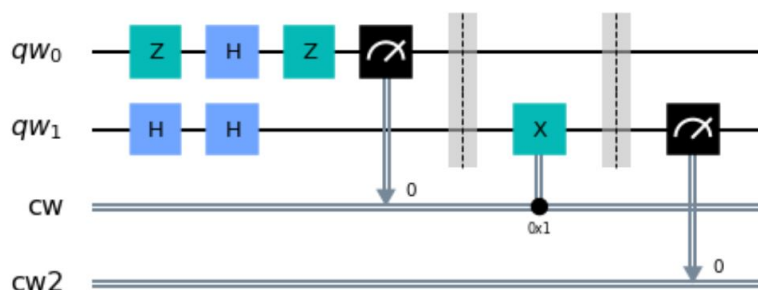
(آ) خروجی شبیه‌سازی چه چیزی را نشان می‌دهد؟ آن را به صورت مختصر توضیح دهید.

(ب) روش کار rotation gate حول محور x را به صورت مختصر توضیح دهید. برای این کار از گره bloch استفاده کنید.

۲ Toffoli Gate

در بخش دوم فایل QipToffoli پیاده‌سازی و شبیه‌سازی Toffoli Gate را در تابع build_toffoli_init مشاهده می‌کنید. توجه کنید که ورودی‌های مدارهای کوانتومی به صورت پیش‌فرض $|0\rangle$ هستند. ما در این تابع با استفاده از Rotation Gate و Hadamard Gates بر روی ورودی تأثیر گذاشته‌ایم و با استفاده از پارامترهایی که شبیه‌ساز Qiskit در اختیار ما می‌گذارد دو نسخه از Toffoli Gate را ساخته‌ایم (به مقادیر دوران دقت کنید). سپس، آنها را با شبیه‌ساز QASM شبیه‌سازی کردیم و خروجی‌ها را چاپ کرده‌ایم. با بررسی خروجی، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

(آ) رفتار هر دو مدار Toffoli را مختصراً شرح دهید.



شکل ۱: مدار شماره ۱

ب) خروجی‌ها را بررسی کنید و توضیح دهید چگونه با رفتار Toffoli Gate ای که در درس خواندید منطبق است.

۳ Truth Table

مدار شکل ۱ را ملاحظه کنید. این مدار از سه بخش تشکیل شده است. در بخش اول، دو کیوبیت وجود دارند که از چند gate که در شکل می‌بینید عبور می‌کنند و در نهایت کیوبیت qw_0 اندازه‌گیری می‌شود. در بخش دوم، بر اساس خروجی اندازه‌گیری بخش اول، X gate به صورت کنترل‌شده بر روی کیوبیت qw_1 اعمال می‌شود. به این معنی که، اگر مقدار اندازه‌گیری شده یک باشد، X gate اعمال می‌شود و گرنه کیوبیت تغییر نمی‌کند. در بخش سوم، کیوبیت qw_1 اندازه‌گیری می‌شود. به سؤالات زیر پاسخ دهید:

آ) این مدار را پیاده‌سازی کنید و فایل ipynb آن را ارسال کنید.

ب) جدول ارزش^۱ این مدار را بدست بیاورید.

پ) از روی جدول ارزش رفتار مدار را توضیح دهید. در مورد آن بحث کنید.

۴ مسیرهای فاینمن

ابزار feynman-path را از لینک [۱] نصب کنید. برای استفاده از این ابزار باید دستور pdf2svg را نیز داشته باشید که برای آن کافی است در ویندوز باینری‌های مرجع [۲] را به PATH خود اضافه کنید. در درس فراگرفتید که تلاش برای کپی کردن یک کیوبیت با استفاده از CNOT بر تداخل‌های یک مدار کوانتومی تأثیر می‌گذارد و خروجی آن را تغییر می‌دهد. مداری متفاوت از آنچه که در درس مشاهده کردید را طراحی کنید و تأثیر مخرب افزودن CNOT را

¹Truth Table

از طریق بررسی آن با ابزار feynman-path نشان دهید. تصور مدار و نمودار تداخل مسیرها را به همراه توضیح در گزارش خود درج کنید.

۵ تمرین کتاب مرجع

با استفاده از شبیه‌ساز یکی از مدارهایی که در یکی از تمرین‌های بخش‌های 4.2 تا 4.4 کتاب Nielsen آمده است را پیاده‌سازی کنید (یعنی از تمرین 4.1 تا 4.35). از طریق شبیه‌سازی به آن تمرین پاسخ دهید. تمرین انتخابی باید یکتا باشد. از طریق اعلان در فروم درس تمرین انتخابی خود را مشخص کنید تا دیگران آن را انتخاب نکنند.

۶ موارد تحویلی

نتیجه کار خود را به صورت یک فایل zip ارسال کنید. نام این فایل را به صورت زیر انتخاب کنید:

P#-QIP-Student#-FirstNameLastName

محتوای فایل باید به شرح زیر باشد:

- یک فایل pdf که در آن پاسخ به سؤالات و توضیحات تکمیلی را قرار می‌دهید. خوانایی و نظم گزارش بخشی از نمره را تشکیل می‌دهد.

- اگر از روش خط فرمان ابزار feynman-path استفاده می‌کنید، دستور را در فایل گزارش قرار دهید. اگر از کد پایتون استفاده می‌کنید، آن را در فایل zip قرار دهید.

- فایل ipynb که در آن پیاده‌سازی بخش ۳ قرار دارد.

- یک فایل ipynb دیگر که در آن پیاده‌سازی بخش «تمرین کتاب مرجع» قرار دارد.

از افزودن نیازمندی‌های متفرقه به کد پرهیز کنید.

مراجع

[1] C. Duckering, "Feynman path," <https://pypi.org/project/feynman-path/>, 2021.

[2] Jalios, "pdf2svg windows," <https://github.com/jalios/pdf2svg-windows>, 2019.