

Desmitificando el examen de desarrollador cuántico de la IBM

Por: Mauro Mendizábal

Quantum South. Departamento de Desarrollo

1. Introducción

Deseas dar el examen de desarrollar cuántico y no sabes cómo prepararte ? O evitas prepararte para el examen por el costo del mismo ? En éste documento vamos a ver qué es el examen de desarrollar cuántico, cuál es el objetivo, beneficios, cómo lo puedes obtener gratis, tips y sugerencias para prepararte para el examen.

En Marzo 2021, IBM ofrece la primera certificación de desarrollador cuántico para la industria [AFW21] llamada "Developer Quantum Computation using Qiskit v0.2X". Como sabemos Qiskit es un software de código abierto para programar las computadoras cuánticas de la IBM. Tal vez, Qiskit fue el primera paso para llegar a computación cuántica de muchos debido a que existe los famosos notebooks [com21], dónde uno puede empezar a aprender computación cuántica desde cero. Qiskit está entre los códigos escritos en Python más utilizados para codificar algoritmos cuánticos que corren en las computadoras cuánticas de IBM. Con lo cuál, el objetivo principal de la certificación es: definir, ejecutar y visualizar circuitos cuánticos usando Qiskit, implementar compuertas cuánticas de un qubit o de múltiples qubits y aprovechar las características fundamentales de Qiskit para escribir programas cuánticos. El beneficio principal de poseer el certificado radica en la posibilidad de **mostrar proficiencia en programación cuántica a un futuro empleador o jefe**. Por otro lado, para un empleador o jefe de empresa es importante **mostrar que su equipo de programadores cuánticos están listos para cualquier aplicación**. Si te pareció interesante, en las siguientes secciones vamos a explorar más en detalle en qué consiste el examen, tips y sugerencias.

2. En qué consiste el examen ?

De manera general, **el examen consiste de 60 preguntas** y el idioma es en Inglés. Algunas preguntas son de opción múltiple con una o varias respuestas. Otras preguntas son de arrastrar objetos que pueden ser líneas de código o imágenes hasta formar un patrón ordenado de respuesta. **El lenguaje de programación es Qiskit** que en términos generales es Python. El examen lo toma **Pearson Vue** (también tiene otras certificaciones y cursos gratuitos para prepararte para la misma certificación) y **puede ser online o presencial**. Si deseas de manera presencial necesitas seleccionar un centro autorizado y el día del examen debes llevar una identificación al momento de presentarte ¹. En el caso de ser online se necesita un computador conectado a internet todo el tiempo, cámara web, micrófono, una identificación con foto y que estés presente en la plataforma unos 30 minutos antes. Además, **la cámara y el micrófono deben de estar encendidos todo el tiempo** ya que te estarán vigilando. El precio es 200 usd pero IBM te puede dar un voucher para rendirlo gratis, esto lo explico en la sección **3. La fecha para rendirlo puede ser en cualquier momento** pero si tienes un voucher éste tiene una fecha de expiración que puede ser unos 3 meses.

Cualquier pregunta estará enmarcada en las siguientes secciones:

1. Realizar operaciones en circuitos cuánticos

- Construir registros cuánticos múltiples
- Medir circuitos cuánticos en registros clásicos
- Uso de compuertas: simples y múltiples
- Uso de "barriers operations"
- Retornar la profundidad del circuito o "depth"
- Extender circuitos cuánticos
- Retornar el "OpenQASM string" de un circuito

¹Respecto al examen presencial no tengo comentarios o sugerencias ya que lo rendí de manera online

2. Ejecución de Experimentos: ejecutar un circuito cuántico
3. Implementar “BasicAer: Python-based Simulators”:
usar los simuladores disponibles
4. Implementar Qasm: leer un archivo QASM
5. Comparar y contrastar información cuántica
 - Usar registros clásicos y cuánticos
 - Usar operadores
 - Medir la fidelidad
6. Resultados de experimentos
 - Retornar el histograma de un experimento
 - Retornar el “statevector” de un experimento
 - Retornar la matrix unitaria de un experimento
7. Uso de herramientas de Qiskit:
monitorear el estado de una instancia de trabajo
8. Mostrar y usar la información del sistema
 - Realizar operaciones sobre la versión de Qiskit
 - Uso de la información de “qiskit_backend_overview”
9. Construir visualizaciones
 - Dibujar un circuito
 - Plot un “histogram”, “Bloch multivector”,
“Bloch vector”, “QSphere”, “density matrix”
 - Plot un “gate map” con sus “error rates”
10. Aer Provider: acceder a “statevector_simulator”,
“qasm_simulator”, “unitary_simulator” backend

3. Tips y sugerencias

Los siguientes tips y sugerencias son contadas desde mi perspectiva, mi background y/o experiencia, con lo cual puede que no sean de manera general. El examen lo rendí en línea y **SI** te monitorean todo el tiempo, con este en mente mis tips y sugerencias son las siguientes:

- No hablar durante el examen. Yo estaba pensando en voz alta y me dijeron que no hablara.
- No es necesario calculadora ni cuadernos ni hojas para escribir. Si deseas escribir o dibujar hay una aplicación tipo OpenBoard en la misma plataforma del examen online. Si es necesario acostumbrarse con esta aplicación mediante el examen de prueba.
- Si llegan tarde (5 a 10 minutos) al examen no hay tanto problema porque existe muchas personas que van a rendir el examen y las personas que verifican tus documentos son pocas entonces tienes que esperar hasta que llegue tu turno. Tampoco te quitan tiempo para el examen si todavía no has pasado la verificación de tus documentos y del entorno.

- El entorno dónde se rinda el examen debe ser ordenado sin elementos distractores. Las personas que verifican te dicen que les muestres el lugar utilizando la cámara y si no les parece te piden que te cambies de lugar (a mí me cambiaron 2 veces). En general, el lugar debe de ser un cuarto con un escritorio sin nada encima, paredes limpias (sin cuadros, ni posters, etc) y si existe algún mueble que éste esté cerrado.
- Se puede hacer preguntas por escrito durante el examen pero las personas que te responden no saben sobre el examen. Por ejemplo, me di cuenta que las respuestas en una pregunta se repetían y que sola era de escoger una de ellas entonces pedí ayuda. La persona que me respondió que no sabía nada del examen y que respondiera escogiendo una de ellas.
- Puedes obtener un voucher para rendir el examen gratis en el siguiente link: <https://airtable.com/shrEZ1Rker8zUukUf>.

Otra forma y cómo yo lo obtuve es mediante los “quantum challenges de la IBM” y que puedes agregarte siguiendo el twitter de Qiskit en <https://twitter.com/qiskit>.

- El tiempo de preparación depende del background, pero un buen tiempo es de 2 o 3 meses. Puede ser menos si sigues las guías que están a continuación:
 - [James Weber: presentación de 20 preguntas](#)
 - [Videos de Mani Gomez](#)
 - [Notebook de Bartu Bisgin](#)
 - [Notebook de Mauro Mendizábal](#)

- Es recomendable tomar el examen de prueba o “Assessment Exam” que cuesta 30 usd y que se encuentra en <https://www.ibm.com/training/certification/C0010300>

para tener una sensación de cómo sería un examen real y también para calibrar el estudio. Al final del examen uno puede obtener porcentajes del rendimiento en cada área como la siguiente figura

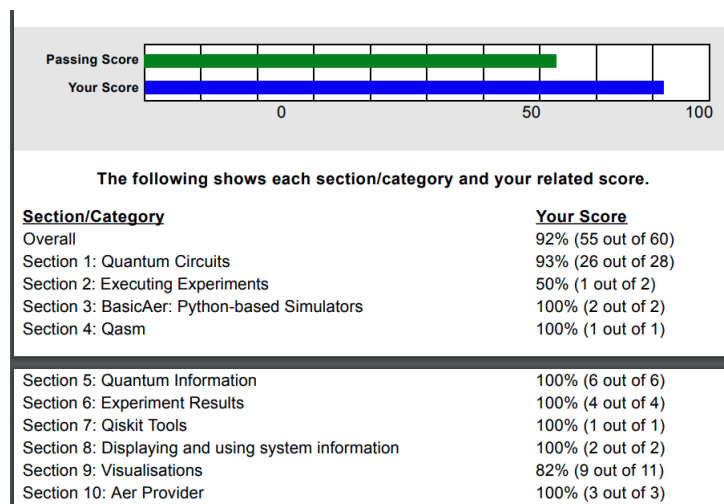


Figura 1: Porcentajes de las áreas de evaluación

- Es importante estudiar las secciones 1: “Quantum States and Qubits” y 2: “Multiple Qubits and Entanglement” del “[Qiskit textbook](#)” y también la 3: “Quantum Protocols and algorithms” pero la sección 3.1 “Defining Quantum Circuits”

4. Ejemplos de preguntas

En esta sección vamos a revisar algunas preguntas y sus variantes. Empecemos por una pregunta de teoría

1. Seleccione las identidades correctas (seleccione 2)

- a) $HXH = Z$
- b) $HYH = X$
- c) $HZH = X$
- d) $ZXZ = Z$
- e) $ZYZ = H$

Desarrollo:

Vamos a multiplicar matrices y luego comparamos. Sabemos que

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}, Z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix},$$

con lo cuál empecemos con la primera opción,

$$HXH = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} = Z \quad (1)$$

la segunda,

$$HYH = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & i \\ -i & 0 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & i \\ -i & 0 \end{bmatrix} = -Y \quad (2)$$

la tercera,

$$HZH = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} = X \quad (3)$$

la cuarta,

$$ZXZ = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} = -X \quad (4)$$

la quinta,

$$ZYZ = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} = -Y \quad (5)$$

Respuesta:

Con esto nuestra respuesta es a) y c).

Tip

Recordemos algo muy importante sobre las matrices de Pauli² son matrices hermíticas, involutorias, unitarias y cumplen algunas propiedades, en especial la siguiente: sea σ_i con $i = x, y, z$ una matriz de Pauli entonces tenemos,

²también es una pregunta

$$\sigma_j \sigma_k = \delta_{jk} I + i \epsilon_{jkl} \sigma_l, \quad (6)$$

dónde δ_{ij} es el delta de Kronecker, I es la matriz identidad y ϵ_{jkl} es el símbolo de Levi-Civita. La última relación nos ayuda cuándo tenemos multiplicación de matrices de Pauli y nos dice que si multiplicamos dos matrices de Pauli, la respuesta será una matriz de Pauli.

Entonces, si nos fijamos en las preguntas d) y e), tenemos que

$$ZXZ = (ZX)Z = iYZ = i(iX) = -X \quad (7)$$

y

$$ZYZ = (ZY)Z = -iXZ = -i(-iY) = -Y. \quad (8)$$

Con lo cuál, las preguntas d y e son incorrectas.

Variantes de preguntas

De esta pregunta se desprenden varias, como las siguientes:

a) Escoja 2 respuestas correctas

- 1) $HXH |0\rangle = |0\rangle$
- 2) $HYH |0\rangle = -i |1\rangle$
- 3) $HZH |0\rangle = |1\rangle$
- 4) $HYH |0\rangle = -|1\rangle$
- 5) $HYH |0\rangle = -i |1\rangle$

b) Cuál de las siguientes compuertas son operadores hermíticos?

- 1) X-gate
- 2) S-gate
- 3) H-gate
- 4) Z-gate
- 5) T-gate

c) Cuál de las siguientes compuertas es involutoria ? (seleccione 3)

- 1) S-gate
- 2) T-gate
- 3) X-gate
- 4) Y-gate
- 5) H-gate
- 6) CPhase-gate

d) Cuál compuerta reproduce la probabilidad de una moneda clásica ?(seleccione 1)

- 1) X-gate
- 2) S-gate
- 3) Z-gate
- 4) H-gate

e) La compuerta X realiza una rotación sobre la esfera de Bloch sobre el eje -X, cuál es el ángulo de esta rotación ?

- 1) π
- 2) $\pi/4$
- 3) $3\pi/4$



Figura 2: Circuito cuántico con dos compuertas H y una instrucción “barrier”

4) $\pi/8$

2. Qué hace la instrucción “barrier” entre las compuertas H en el siguiente circuito cuántico?

- a) No simplifica el circuito entre las compuertas H
- b) Junta las dos compuertas H y las ejecuta
- c) Se usa para tener una mejor visualización del circuito
- d) Se usa para optimizar el circuito

Desarrollo:

La instrucción “barrier” tiene dos objetivos:

- separa secciones del circuito y nos ayuda para visualizar mejor
- da una instrucción al “transpiler”

El primer objetivo es fácil de entender pero el segundo no está muy claro. Primero, ¿qué es el transpiler? El circuito de la figura 2 no existe en el hardware, el transpiler traduce nuestro circuito en compuertas que pueden correr en nuestro hardware. En términos generales, el transpiler usa herramientas para optimizar y mejorar el rendimiento del circuito.

Un ejemplo del uso de transpile en el hardware,

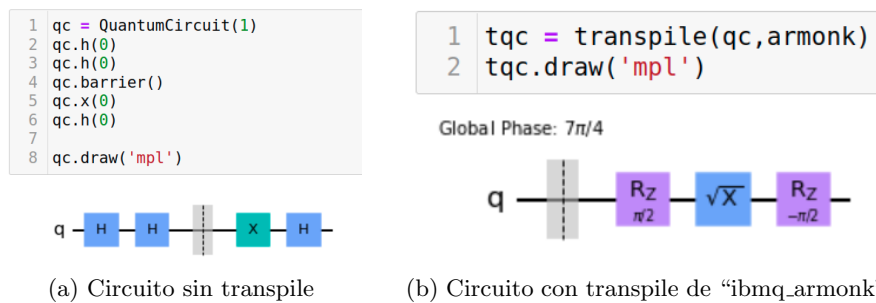


Figura 3: Visualización del la instrucción “barrier”

Respuesta:

La respuesta es a).

3. Dado el fragmento de código, cuál es la probabilidad que una medición resulta en $|0\rangle$?

```

qc = QuantumCircuit(1)
qc.z(0)

```

Figura 4: Fragmento de código

a) 0.8536

- b) 1.0
- c) 0.5
- d) 0.1464

Desarrollo:

Podemos usar qiskit para responder la pregunta y lo podemos ver en la figura 5.

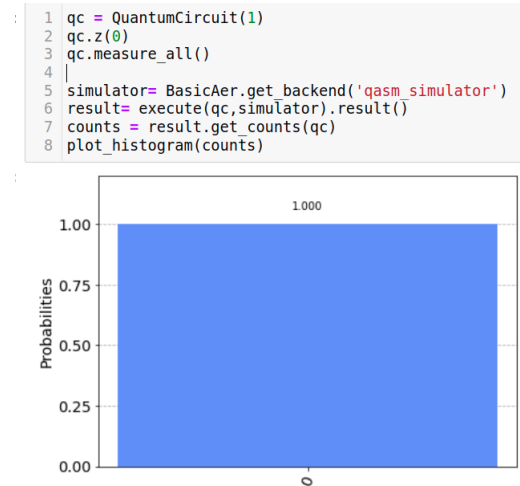


Figura 5: Probabilidad al medir el circuito

Respuesta:

La respuesta es b)

Tip:

Es importante practicar las rotaciones sobre la esfera de Bloch, para esto podemos usar la aplicación en la siguiente página web

<https://javafxpert.github.io/grok-bloch/>

La aplicación tiene el estado $|\psi\rangle$ inicializado en el ket $|0\rangle$

$$|\psi\rangle = \sqrt{1,00} |0\rangle + (\sqrt{0,00})e^{i0} |1\rangle, \quad (9)$$

si aplicamos la compuerta Z (color verde en la derecha), el estado no cambia

$$|\hat{\psi}\rangle = Z|\psi\rangle = \sqrt{1,00} |0\rangle + (\sqrt{0,00})e^{i0} |1\rangle. \quad (10)$$

Con esto, la respuesta es b)

- 4.Cuál será el resultado de “counts” esperado del siguiente circuito ?

```

1 qc = QuantumCircuit(2,2)
2 qc.h(0)
3 qc.x(1)
4 qc.measure([0,1],[0,1])
5 simulator=Aer.get_backend('qasm_simulator')

```

Figura 6: Circuito

- a) {'01':503, '10':512 }
- b) {'00':503, '11':512 }
- c) {'10':503, '11':512 }
- d) {'00':503, '01':512 }

Desarrollo:

Sea $|\psi\rangle = |0_10_0\rangle$, el estado inicial, donde los subíndices indican el orden en bits; es decir, el qubit menos significativo está dado por el subíndice 0. Apliquemos la compuerta H al qubit 0 y luego X al qubit 1,

$$|\hat{\psi}\rangle = X_1 |0_1\rangle \otimes H_0 |0_0\rangle = |1_1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}}(|0_0\rangle + |1_0\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}(|1_10_0\rangle + |1_11_0\rangle). \quad (11)$$

Con lo cuál la respuesta es la c).

Otra forma:

Podemos usar qiskit, como en la figure 7

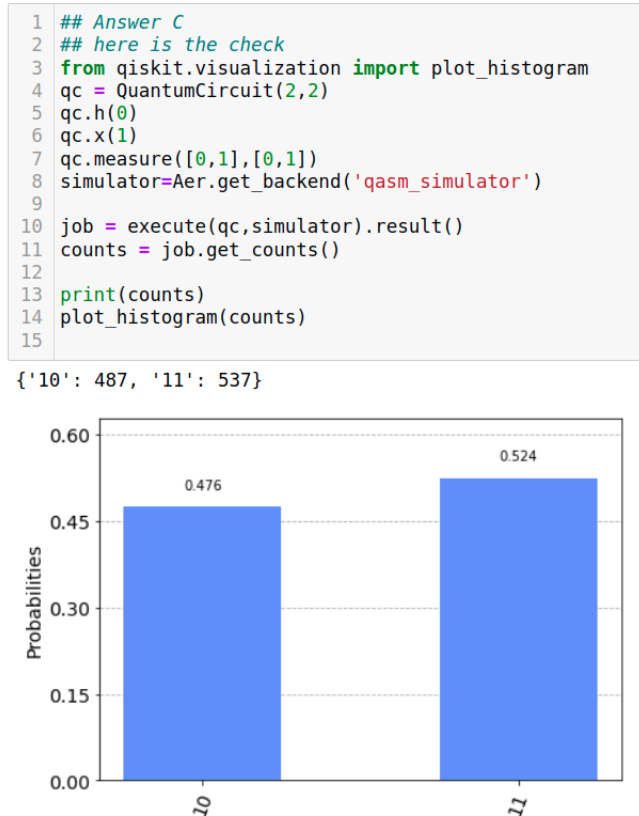


Figura 7: Circuito

Con lo cual la respuesta es c).

5. Conclusiones

Hemos realizado una revisión general de los objetivos y contenidos del examen de desarrollar cuántico de la IBM. Además, hemos comentado algunos tips, comentarios y sugerencias que se deben tomar en cuenta antes y durante el examen. También, hemos revisado algunos ejemplos de preguntas con sus respectivas respuestas.

Referencias

- [AFW21] Abe Asfaw, Kallie Ferguson y James Weaver. “IBM offers quantum industry’s first developer certification”. En: *IBM Research Blog* (2021). URL: <https://www.ibm.com/blogs/research/2021/03/quantum-developer-certification/>.
- [com21] Qiskit community. “Learn Quantum Computation using Qiskit”. En: (2021). URL: <https://qiskit.org/textbook/preface.html>.