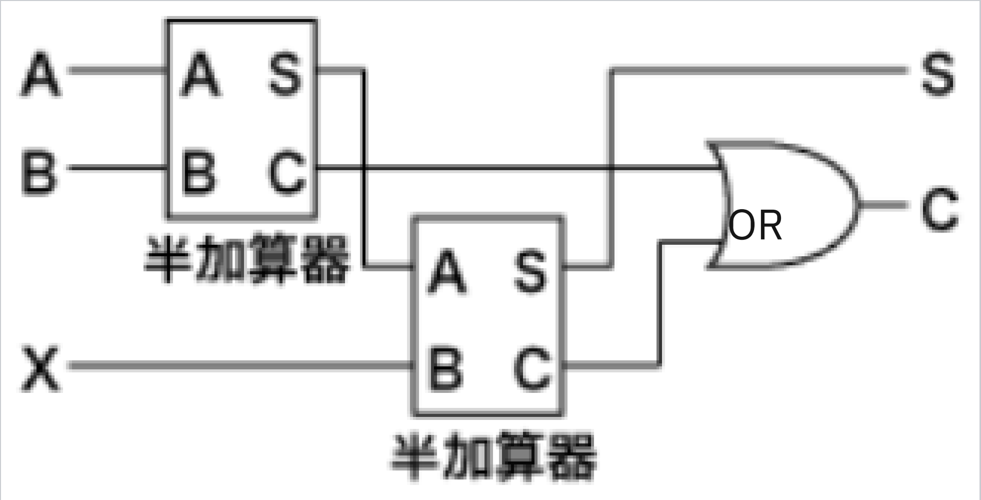
脱初心者！量子加算器スコアリングチャレンジ

Ayumu Shiraishi

Qiskit Advocate

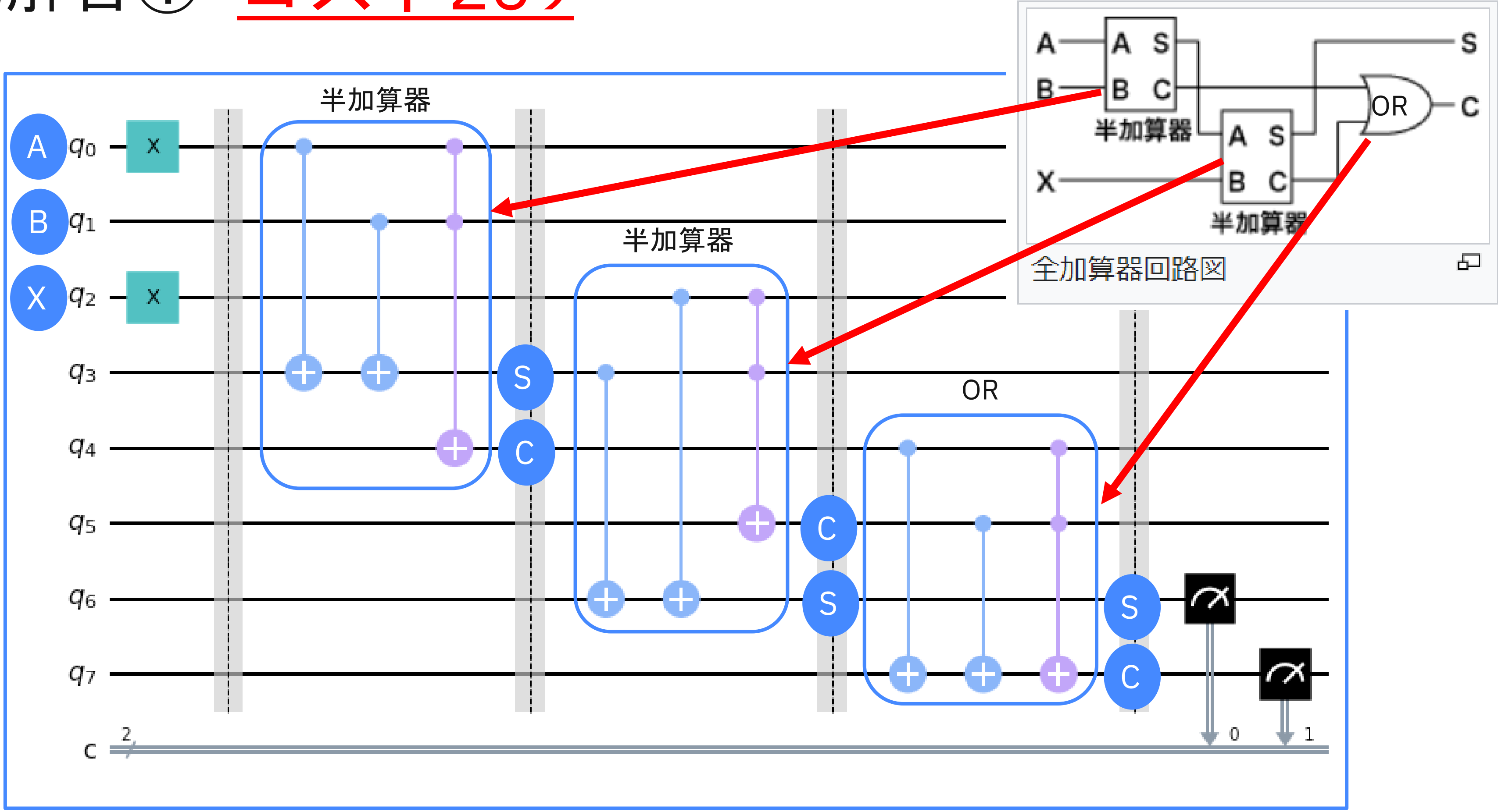
方針が立たない方向けのヒント：

古典的に全加算器は２つの半加算器とORゲートを以下のように組み合わせることで作ることができます。



全加算器回路図

模範解答① コスト269



全加算器回路図

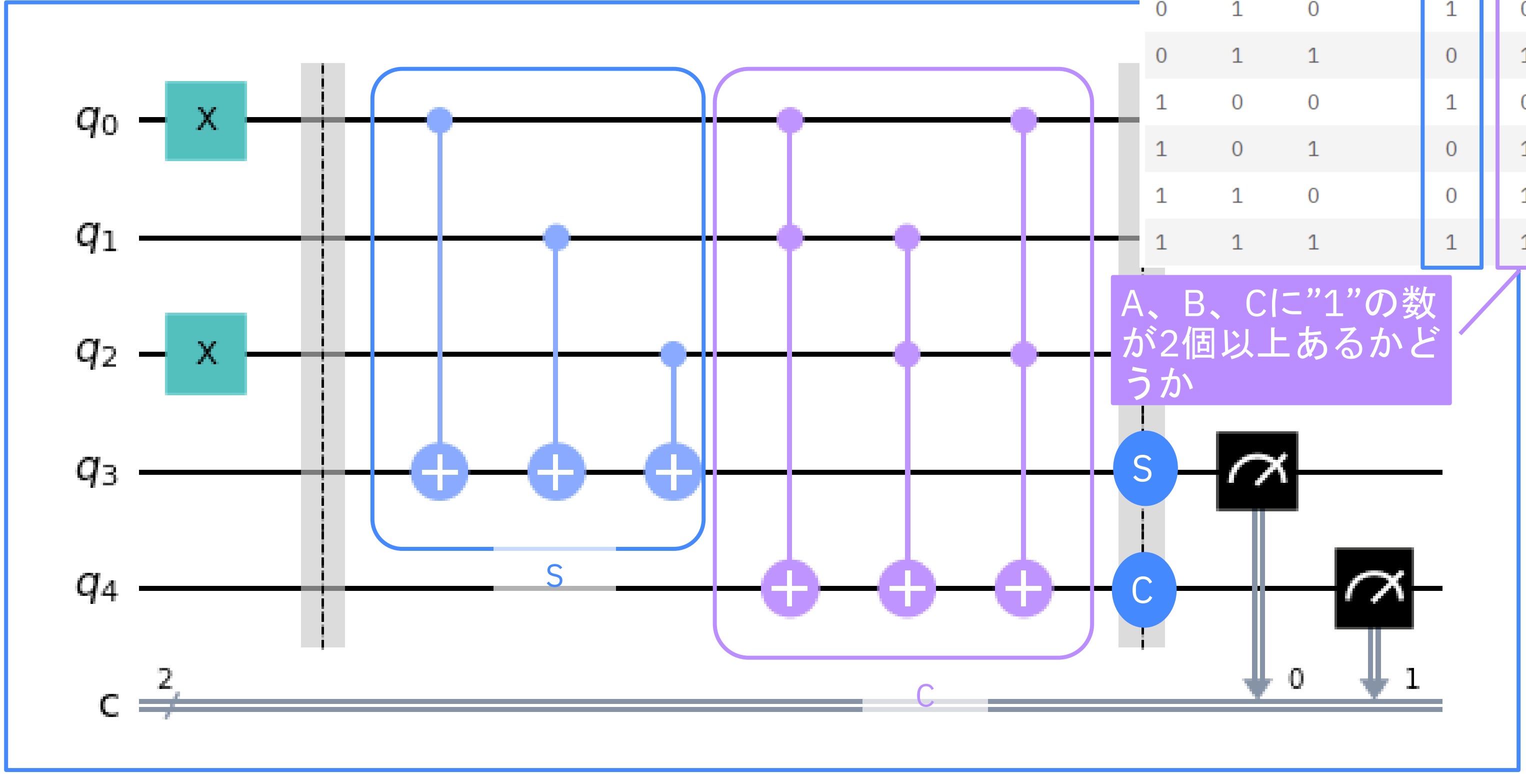
模範解答② <u>コスト239</u>

Quantum Tokyo

A、B、Cの”1”の数の偶奇（=２進数和）

入力A	入力B	桁上げ入力X	出力S	桁上げ出力C
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

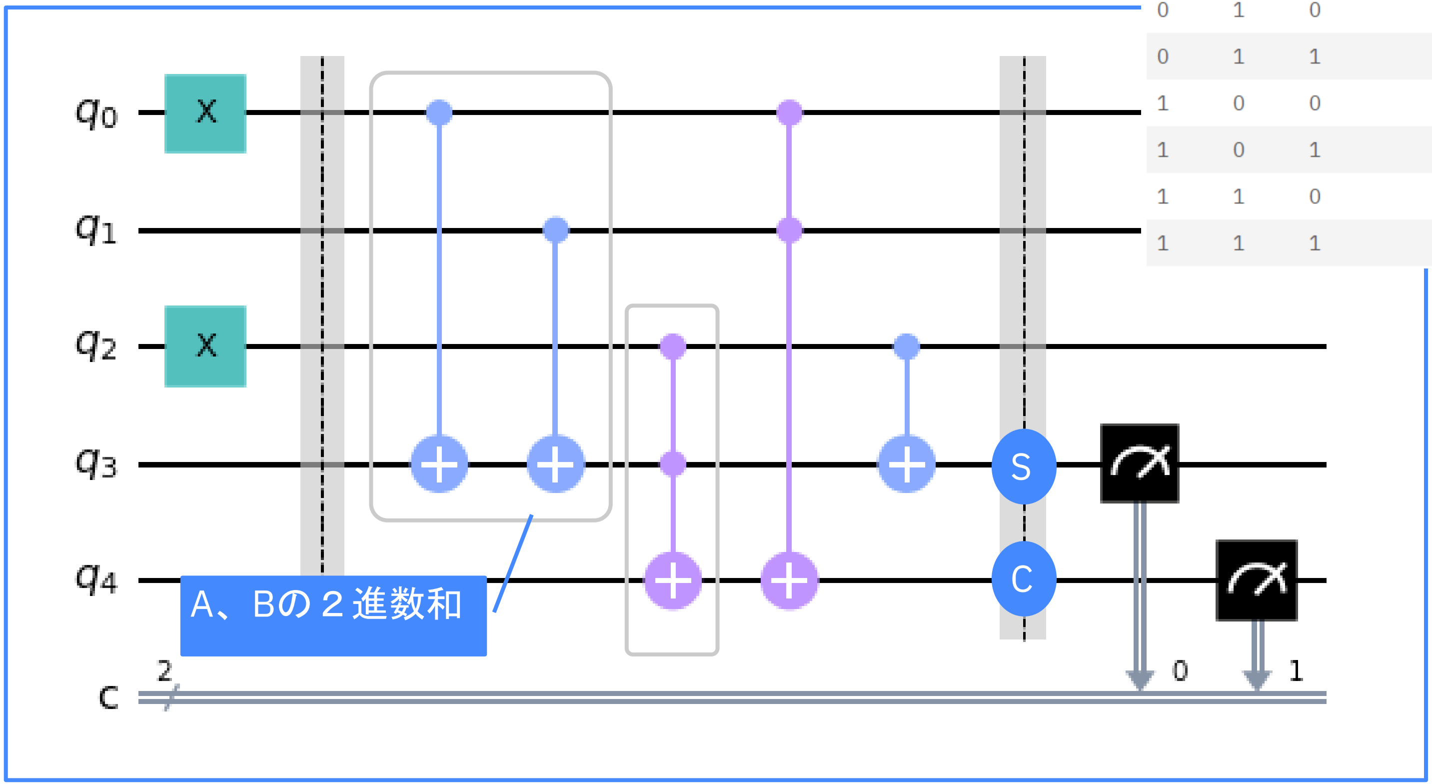
A、B、Cに”1”の数が2個以上あるかどうか



模範解答③ コスト170

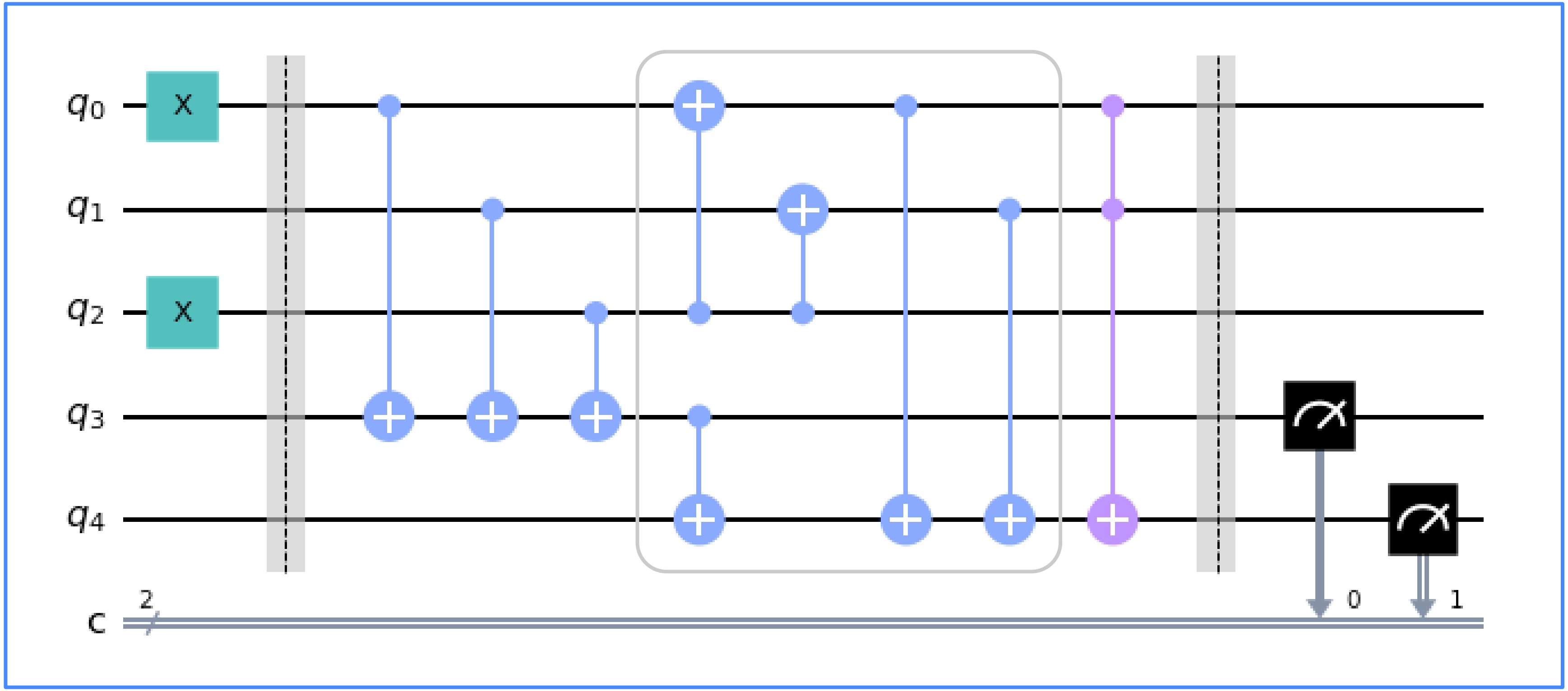
入力A	入力B	桁上げ入力X	出力S	桁上げ出力C
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

CCXを１つ減らすことによりコスト69の削減



模範解答④ <u>コスト151</u>

CCXの１つをCXのみで再構成



模範解答⑤ コスト121

より簡単な回路で再構成

A new quantum ripple-carry addition circuit

Steven A. Cuccaro* Thomas G. Draper† Samuel A. Kutin‡
David Petrie Moulton§

February 1, 2008

Abstract

We present a new linear-depth ripple-carry quantum addition circuit. Previous addition circuits required linearly many ancillary qubits; our new adder uses only a single ancillary qubit. Also, our circuit has lower depth and fewer gates than previous ripple-carry adders.

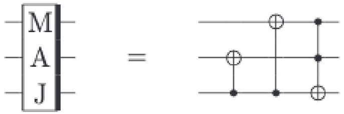
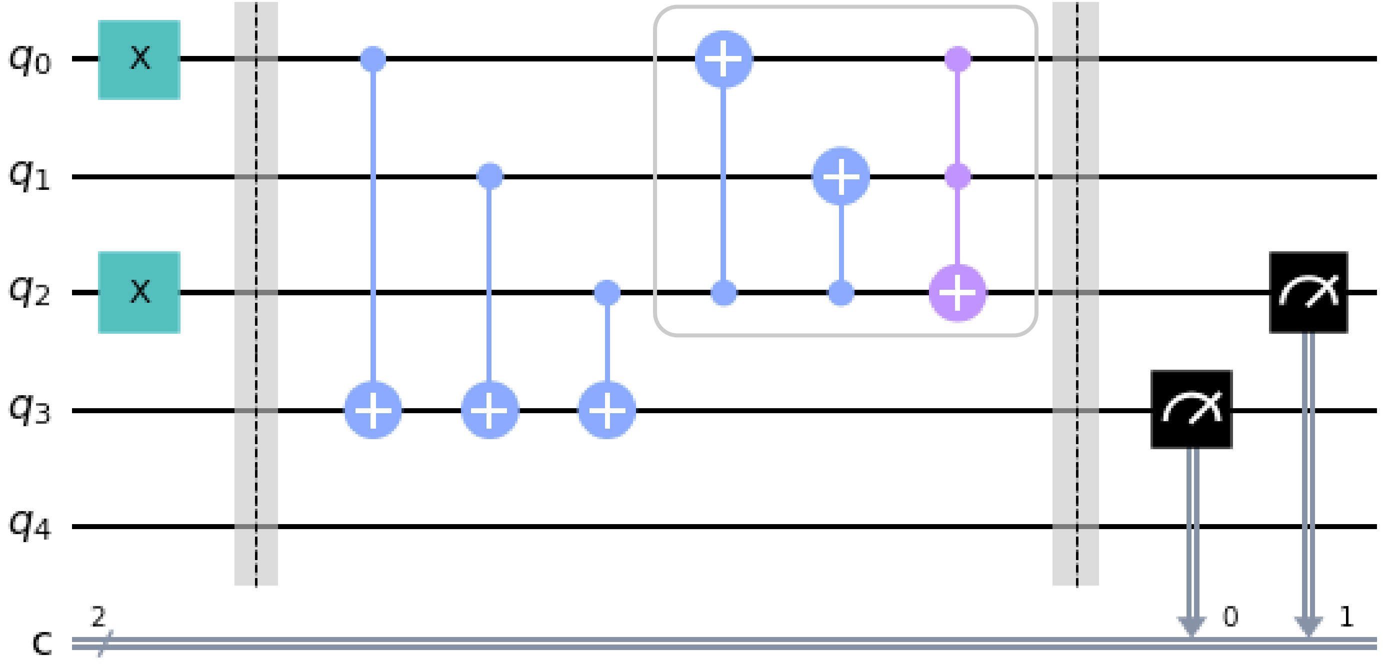
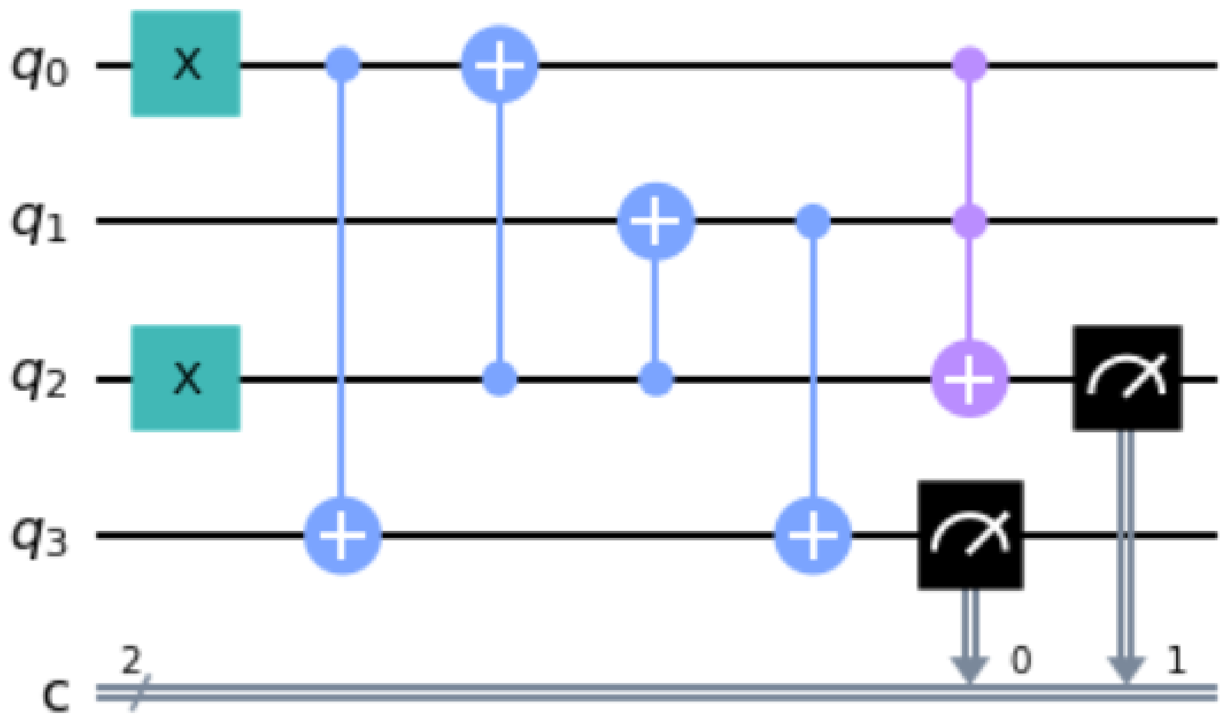


Figure 1: The in-place majority gate MAJ



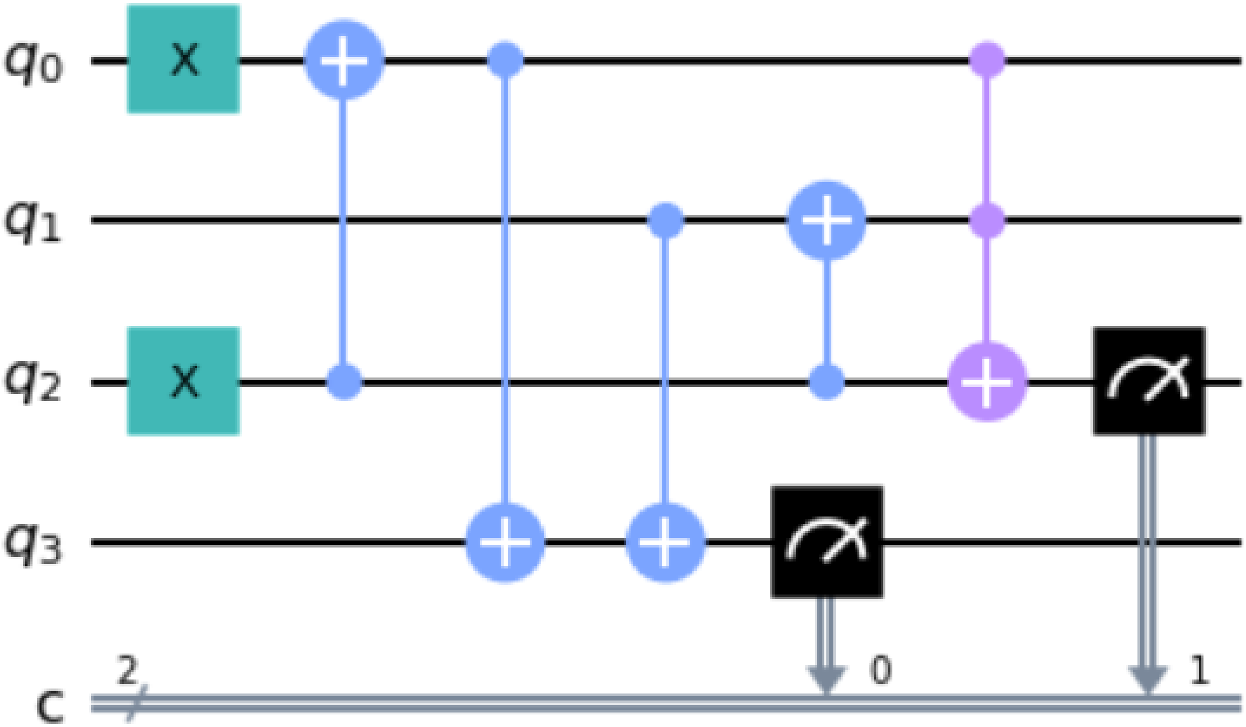
模範解答⑥ コスト111

より簡単な回路で再構成

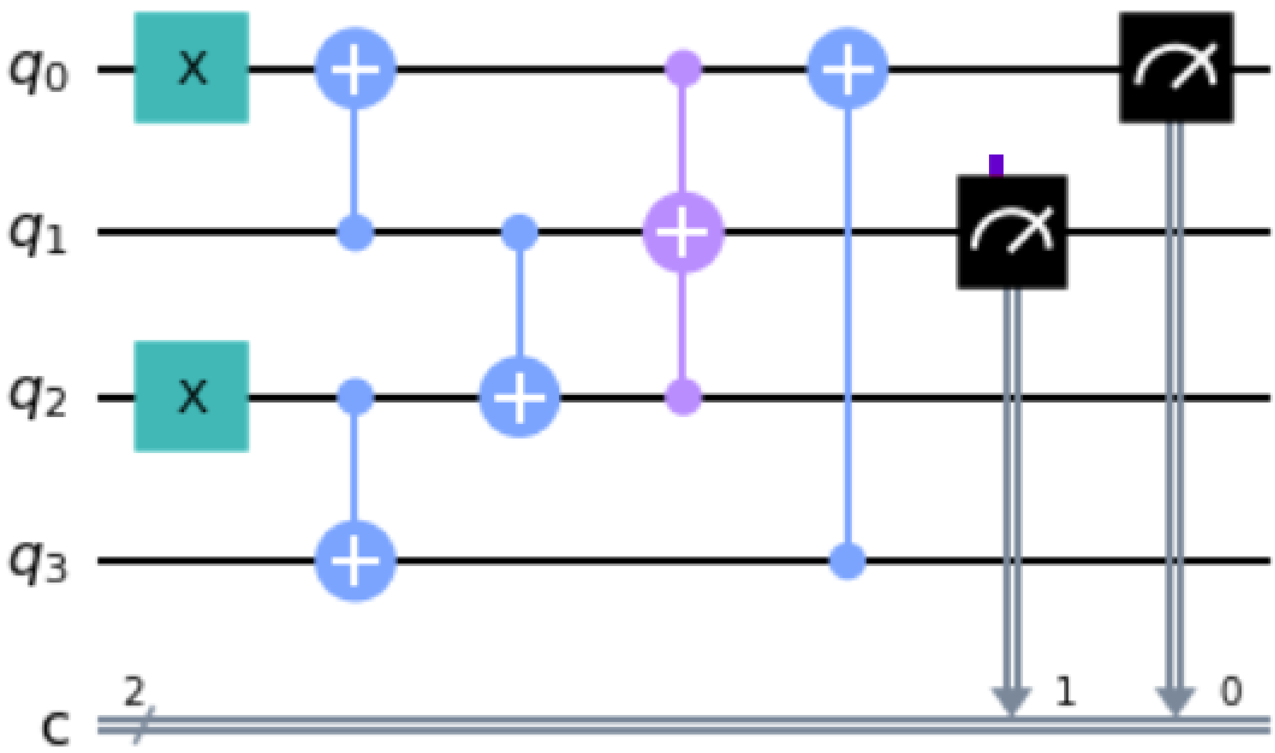


模範解答⑦ コスト111

Quantum Tokyo

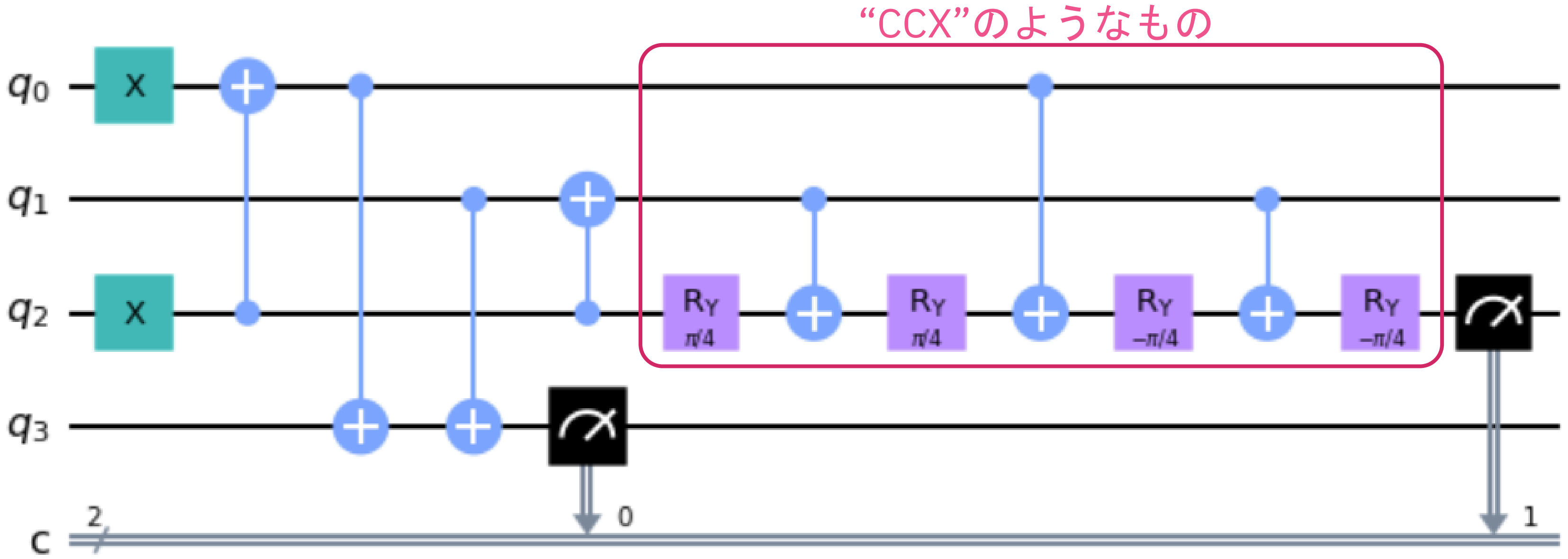


模範解答⑧ コスト111

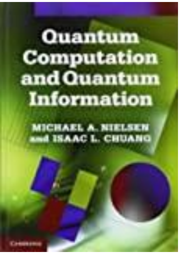


最小コスト模範解答　コスト76!!!

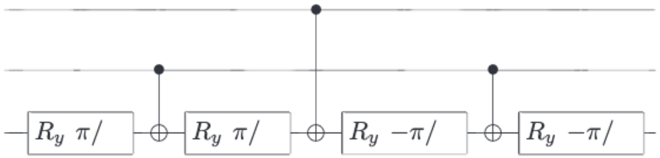
模範解答⑥をベースにCCXゲートを裏技的な分解方法によりコストを最小化



CCXの裏技的な分解方法の注意点



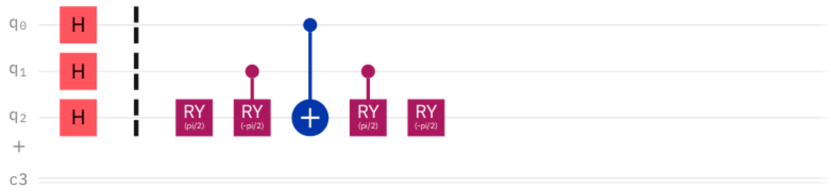
Exercise 4.26: Show that the circuit:

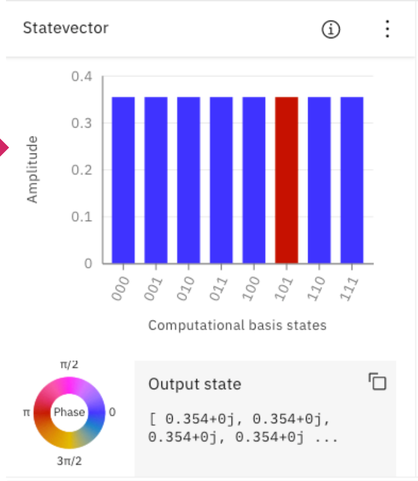


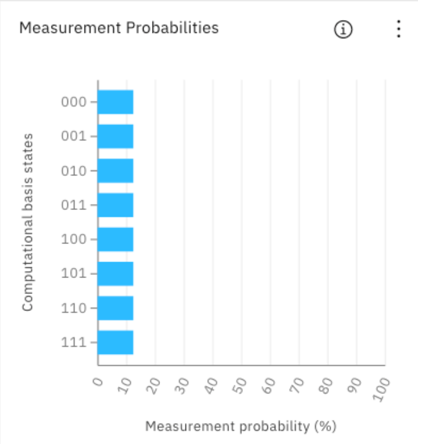
differs from a Toffoli gate only by relative phases. That is, the circuit takes $|c_1, c_2, t\rangle$ to $e^{i\theta(c_1,c_2,t)}|c_1, c_2, t \oplus c_1 \cdot c_2\rangle$, where $e^{i\theta(c_1,c_2,t)}$ is some relative phase factor. Such gates can sometimes be useful in experimental implementations, where it may be much easier to implement a gate that is the same as the Toffoli up to relative phases than it is to do the Toffoli directly.

CCX（Toffoli）ゲートと0と1の入力のみに対しては同じ振る舞いをするが、一部の状態については位相が反転するものが出てきてしまう。（今回は正解不正解に位相が影響しないため、出力結果としては正解になる）

→　位相の制御が重要なアルゴリズム（グローバー、量子フーリエ変換など）においては致命的な悪影響を与えるためにそれらを使う場合にはこの分解は使えないことに注意！







Thank you

Ayumu Shiraishi

AHA03784@jp.ibm.com