

Задания заключительного этапа (финал) по направлению «Квантовые технологии»

Категория участия: «Магистратура/специалитет»

В квантовых вычислениях на достоверность реализуемых квантовых вентилях могут оказывать влияние внешние условия эксперимента. Одним из источников декогерентности является магнитное поле в лаборатории, в частности сетевыми потребителями 220 В. Для преодоления данных ограничений можно использовать динамическую отстройку от окружения при проведении квантовой операции. В настоящей задаче предлагается рассмотреть влияние флуктуаций внешнего магнитного поля на достоверность двухкубитных операций.

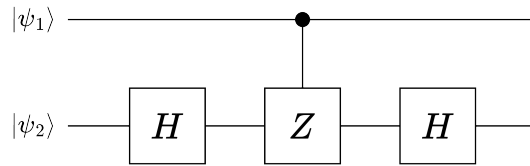


Рис. 1: Алгоритм квантового вентиля CNOT, реализованного с помощью CZ вентиля.

Для двух кубитов, связанных zz -связью, проводят операцию CNOT согласно алгоритму (Рис. 1). В данном эксперименте будем считать, что однокубитные операции достоверны и занимают пренебрежимо малое время. В то же самое время, zz -связь обеспечивается магнитным диполь-дипольным взаимодействием $A_{zz}|11\rangle\langle 11|$ с постоянной $A_{zz}/h = -10$ кГц. Величина взаимодействия определяет время проведения CZ - вентиля.

Во время CZ - вентиля на кубиты воздействует переменное магнитное поле, создаваемое оборудованием, находящимся вблизи установки. Будем считать, что воздействие гармоническое, на частоте $\omega_f = 2\pi \cdot 2$ кГц. Амплитуду воздействия будем считать равной $B_f/h = 12$ кГц, приводящее к появлению в гамильтониане слагаемых вида $B_f \sin(\omega_f t + \phi)(|1\rangle\langle 1| \otimes I + I \otimes |1\rangle\langle 1|)$. Где I - единичный оператор. За достоверность далее принимается вероятность нахождения управляемого кубита в правильном ожидаемом состоянии, усредненную для входных данных $|00\rangle, |01\rangle, |11\rangle, |11\rangle$.

Задание 1.1 Найти длительность CZ вентиля, используемого для реализации CNOT вентиля

Задание 1.2 Найти среднюю достоверность операции CNOT в описанных условиях эксперимента при условии, что проведение эксперимента не синхронизировано с сетевым напряжением (фаза ϕ случайная)

Задание 1.3 В экспериментальную установку было добавлено устройство, генерирующее триггерный сигнал при величине поля равной нулю. Теперь алгоритм запускают спустя какое-то время после триггерного события. Найти оптимальное время задержки от триггерного события до начала запуска алгоритма, обеспечивающее максимальную достоверность операции CNOT. Найти максимальную достоверность.

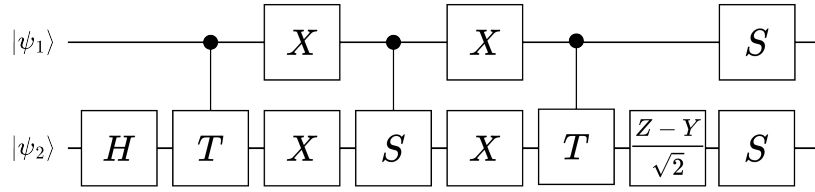


Рис. 2: Модифицированный алгоритм квантового вентиля CNOT, реализованного с помощью CZ вентиля.

Для увеличения точности операции алгоритм был модифицирован, как показано на рис 2. X вентили на 1 и 2 кубите инвертируют воздействие поля на кубиты в процессе CZ вентиля, который в свою очередь разбит на два вентиля CT, CS, СТ.

Задание 2.1 Найти среднюю достоверность операции CNOT в модифицированном алгоритме при условии, что проведение эксперимента не синхронизировано с сетевым напряжением (фаза ϕ случайная)

Задание 2.2 В экспериментальную установку было добавлено устройство, генерирующее триггерный сигнал при величине поля равной нулю. Теперь алгоритм запускают спустя какое-то время после триггерного события. Найти оптимальное время, обеспечивающее максимальную достоверность операции CNOT и максимальную достоверность операции.