

CÁLCULO DE CICLOS HOLONÓMICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE COMPUERTAS LÓGICAS CUÁNTICAS

OBJETIVOS:

- Utilizar el modelo de computadora cuántica propuesto por Niskanen, Nakahara y Salomaa para implementar un algoritmo que logre aproximar compuertas lógicas cuánticas arbitrarias con ciclos holonómicos en un espacio de parámetros.
- Aplicar el algoritmo implementado para aproximar circuitos cuánticos completos.

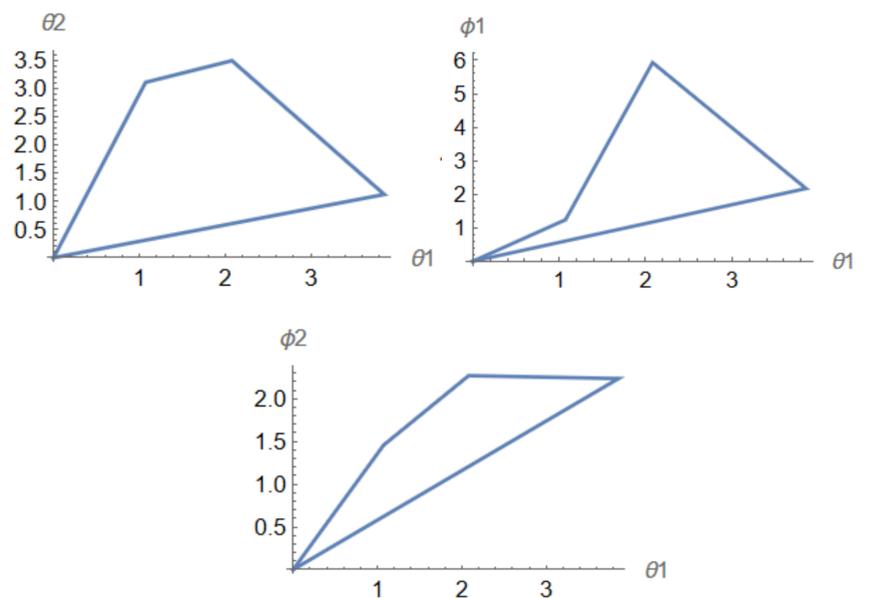
ALCANCE:

- Implementar el algoritmo para aproximar compuertas arbitrarias de un *qubit*.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN:

- Se utilizó *Wolfram Language* versión 12.3 y las funciones *QuantumDiscreteOperator* y *QuantumCircuitOperator* del *Wolfram Function Repository* para obtener representaciones de los circuitos cuánticos
- Se buscó minimizar la función $\|\hat{U} - U_\gamma\|_F$ donde \hat{U} es la compuerta a aproximar, U_γ es la compuerta obtenida por el ciclo γ y la norma utilizada es la norma de Frobenius
- Los ciclos se anclaron al origen en un espacio de parámetros de cuatro dimensiones reales.
- Los parámetros se permitieron variar entre los valores 0 y 2π
- Solo se consideraron ciclos poligonales, reduciendo el problema de minimización en un problema de posicionamiento de vértices.
- Se utilizó el algoritmo Nelder-Mead para encontrar el mínimo de la función objetivo sin depender del valor de su gradiente.

RESULTADOS:



Ciclo holonómico con 3 vértices y 20 puntos de evaluación por segmento de ciclo que implementa a la compuerta Hadamard

CONCLUSIONES:

- La variable más importante en la aproximación del ciclo fue el número de vértices del polígono.
- Bajo ciertas combinaciones de parámetros el problema de minimización se comporta de forma errática y no encuentra una buena solución.
- Se obtienen aproximaciones de compuertas con errores relativos del orden de 10^{-8} .
- El error global de componer múltiples compuertas aumenta conforme se incrementa el número de compuertas y el número de *qubits*

REFERENCIAS:

- A. O. Niskanen, M. Nakahara y M. M. Salomaa, "Realization of arbitrary gates in holonomic quantum computation", *Physical Review A*, vol. 67, n.o1, ene. de 2003, issn:1050-2947. doi:10.1103/PhysRevA.67.012319. dirección: <https://www.osti.gov/biblio/20634097>
- J. PACHOS y P. ZANARDI, "QUANTUM HOLONOMIES FOR QUANTUM COMPUTING", *International Journal of Modern Physics B*, vol. 15, n.o09, págs. 1257-1285, abr. de 2001, issn: 1793-6578. doi:10.1142/S0217979201004836. dirección: <http://dx.doi.org/10.1142/S0217979201004836>.