

Abstract

The rapid evolution of quantum computers requires more and more refined optimization strategies to enhance the performance of present and future quantum devices. Such strategies span from pulse-level optimization in quantum control and variational circuits to combinatorial optimization in system design and quantum circuit compilation. As research progresses, such optimization tasks will also become more and more relevant in the design of single and interconnected quantum devices, such as, e.g., quantum networks. In this work, we present several examples of potentially relevant optimization problems in quantum devices. We start with meta-optimization and system identification in quantum control and later move on to hybrid continuous-discrete compilation in quantum circuits. We also consider the optimization of entanglement purification protocols. We show how variational protocols can be optimized successfully to purify families of quantum states and, more specifically, how optimized protocols can surpass previous proposals for random two-qubit states. We conclude by considering different types of estimators for observables of quantum systems. Such estimators are relevant to all aforementioned optimization tasks, ranging from applications in variational quantum circuits to the estimation of cost functions for control problems.

Zusammenfassung

Die rasche Entwicklung von Quantencomputern erfordert immer verfeinere Optimierungsstrategien, um die Leistung aktueller und zukünftiger Quantengeräte zu verbessern. Solche Strategien umfassen sowohl die Optimierung von zeitabhängigen Kontrollsignalen in der Quantenkontrolle und in variationalen Quantenschaltkreisen, als auch die kombinatorische Optimierung im Bereich des Systemdesigns und der Kompilierung von Quantenschaltkreisen. Mit dem Fortschritt der Quantenforschung werden solche Optimierungsaufgaben für das Design von einzelnen und vernetzten Quantengeräten, wie z.B. Quantennetzwerke, immer relevanter. In dieser Dissertation präsentieren wir mehrere Beispiele potenziell relevanter Optimierungsprobleme für Quantengeräte. Wir beginnen mit Meta-Optimierung und Systemidentifikation im Rahmen der Quantenkontrolle und gehen wir danach auf die kontinuierlich-diskrete Kompilierung von Quantenschaltkreisen ein. Zusätzlich betrachten wir auch die Optimierung von Verschränkungsreinigungsprotokollen. Dabei zeigen wir, wie variationale Reinigungsprotokolle erfolgreich optimiert werden können, um Familien von Quantenzuständen zu reinigen, und insbesondere, wie optimierte Protokolle frühere Vorschläge im Fall von randomisierten Zwei-Qubit-Zuständen übertreffen können. Schließlich betrachten wir verschiedene Arten von Schätzern für Observablen von Quantensystemen. Solche Schätzer sind für alle oben genannten Optimierungsaufgaben relevant, von Anwendungen im Bereich der variationalen Quantenschaltkreise zur Abschätzung von Kostenfunktionen in Kontrollproblemen.