

Popularnonaukowe streszczenie projektu

Poznanie reguł otaczającego nas świata oraz ich wykorzystywanie towarzyszyło rozwijaniu się fizyki od początku jej dziejów. W XX wieku proces ten uległ przyspieszeniu dzięki wykorzystaniu symulacji komputerowej, która umożliwia relatywnie efektywne i tanie w porównaniu do eksperymentu testowanie hipotez. W czasach gdy komputery stawały się powoli codziennością, a wzrost ich mocy opisany był prawem wykładniczym, w pracy *Simulating Physics with Computers*, Richard Feynman zasugerował, iż symulacja kwantowego mikroświata z użyciem opartego o logikę bitową komputera może okazać się zbyt czasochłonna i energochłonna.

Jak wydaje się po prawie 40 latach, do zrozumienia efektów zachodzących na poziomie pojedynczych atomów i cząsteczek potrzebne być mogą obliczenia prowadzone na komputerach, w których informacja zapisana jest na kwantowych bitach, zwanych kubitami. Ten podstawowy nośnik informacji kwantowej oprócz standardowego stanu zero-jedynkowego, posiada też dodatkową informację o fazie (abstrakcyjnym kącie). W zamyśle, dodatkowa informacja dostępna jest jedynie poprzez interferencję wielu alternatywnych dróg prowadzących od początkowego stanu kubitów do wyniku ich pomiaru. W rezultacie, dobrze zaprojektowany algorytm kwantowy konstruktywnie wzmocni odpowiedź prawidłową, natomiast dla wszystkich odpowiedzi błędnych prowadzi do interferencji destruktywnej. Efekt ten przypomina obliczenia równoległe i w konsekwencji prowadzi do znacznego ich przyspieszenia.

We współczesnych prototypach komputerów kwantowych pożądane efekty interferencyjne ograniczone są poprzez szum, który w konsekwencji spowalnia lub nawet uniemożliwia kwantowe przyspieszenie. Przykładem jest realizacja kubitów na spinie pojedynczego elektronu, który będąc uwięzionym w studni potencjału, zlokalizowanej w nanostrukturze krzemowej odczuwa losowe fluktuacje pól elektrycznych i magnetycznych w jego otoczeniu. Znajomość statystycznych właściwości szumu umożliwiłaby ograniczenie jego wpływu. W moich pracach do tej pory skupiałem się na zaniku kwantowych własności stacjonarnych kubitów, jako próbnikach pozwalających wyznaczyć moc, a także korelacje czasowo-przestrzenne szumu otoczeniowego.

W ramach prowadzenia badań do pracy doktorskiej analizuję możliwość jak najdokładniejszej kontroli kubitów przy jednoczesnym zachowaniu jego koherencji. W szczególności analizuję możliwość poruszania pojedynczych kubitów jako sposób na realizację coraz to większych rejestrów kwantowych. Jednym ze sposobów realizacji transferu jest wielokrotne przejście pomiędzy kolejnymi pułapkami potencjału, których doświadczalną realizacją są kropki kwantowe w strukturach półprzewodnikowych. W tych układach, transfer pomiędzy sąsiednimi kropkami odbywa się poprzez przelewanie się funkcji falowej, wywołanej zmianą poziomów energetycznych w kropkach. W takim przypadku największym zagrożeniem dla koherencji jest niejednorodność układu, powodująca rozdzielanie elektronu pomiędzy sąsiednie kropki. Niemalże natychmiastowo (< 1 ns) rozdzielony elektron jest "mierzony" przez jego otoczenie co prowadzi do częściowej utraty koherencji spinowej.

Ponieważ podczas transferu na większe odległości wymagane jest wielokrotne przejście pomiędzy sąsiednimi kropkami, jego wymuszona ewolucja staje się periodyczna w czasie. Z tego powodu naturalnym rozszerzeniem badań, będzie tzw. formalizm Floqueta, w którym powtarzający się sposób kontroli kubitów powodować może nietrywialne efekty topologiczne, które z założenia odporne być powinny na szczegóły nieuporządkowanego otoczenia.