KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu
Technika kwantowa [S1MiKC1E>TK]

Przedmiot

Kierunek studiów
Mikroelektronika i komunikacja cyfrowa/ Microelectronics and Digital Communication

Rok/Semestr
2/3

Studia w zakresie (specjalność)
–

Profil studiów
ogólnoakademicki

Poziom studiów
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu
angielski

Forma studiów
stacjonarne

Wymagalność
obligatoryjny

Liczba godzin

Wykład
30

Laboratorium
15

Inne
0

Ćwiczenia
15

Projekty/seminaria
0

Liczba punktów ECTS

4,00

Koordynatorzy

dr hab. inż. Maciej Krasicki
maciej.krasicki@put.poznan.pl

dr inż. Jan Lamperski

Wykładowcy

Wymagania wstępne

Podstawowa wiedza z zakresu matematyki, teorii pola EM, optyki i telekomunikacji optycznej, umiejętności syntezy układów cyfrowych, znajomość algebry Boole'a, rozumienie zjawisk fizyki kwantowej

Cel przedmiotu

Celem kursu jest przedstawienie współczesnej wiedzy w zakresie komunikacji kwantowej, a także możliwości i ograniczeń komputerów kwantowych. Studenci zdobędą umiejętności implementacji algorytmów obliczeń kwantowych i komunikacji kwantowej.

Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:
Student zna podstawowe prawa mechaniki kwantowej, rozumie fundamentalne doświadczenia uzsadniające teorie kwantową. Zna metody reprezentacji stanu kubitu, podstawowe bramki kwantowe, rozumie konsekwencje odczytu stanu kubitu, zna istotę superpozycji i splątania kubitów, zasady

kodowania supergęstego i teleportacji kwantowej, zna wybrane algorytmy szyfrowania klucza kwantowego, zna konsekwencje oddziaływania kubitu z otoczeniem, rozumie potrzebę stosowania kodowania kwantowego. Student zna aparat matematyczny służący do opisu operacji kwantowych. Zna kilka algorytmów kwantowej optymalizacji i przeszukiwania oraz zastosowania obliczeń kwantowych w uczeniu maszynowym.

Umiejętności:
Student potrafi projektować obwody kwantowe i interpretować skutki zastosowania bramek kwantowych dla stanu kubitów. Potrafi przeprowadzić proste przekształcenia algebraiczne na stanach kubitów. Potrafi zaimplementować wybrane algorytmy kryptograficzne i kodowania kwantowego w wybranym języku programowania. Potrafi prowadzić eksperymenty z wykorzystaniem komputera kwantowego i jego symulatora.

Kompetencje społeczne:
Student rozumie potrzebę zapewnienia poufności transmitowanych danych i docenia możliwości komunikacji kwantowej w tym zakresie. Rozumie także ryzyka związane z możliwością złamania dotychczasowych zabezpieczeń przy zastosowaniu algorytmów kwantowych. Student jest przekonany, że komputery kwantowe mogą rozwiązywać złożone problemy optymalizacyjne w krótszym czasie, niż komputery klasyczne.

Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wiedza zdobyta na wykładzie będzie weryfikowana podczas egzaminu pisemnego, składającego się typowo z kilku (zwykle 5) pytań otwartych, różnie punktowanych. Próg zaliczeniowy to 50%.
Umiejętności nabyte w ramach zajęć laboratoryjnych są weryfikowane na podstawie wykonanych ćwiczeń, zadań i mini-projektów. Wymagane jest uzyskanie co najmniej 50% maksymalnej liczby punktów lub zrealizowanie przedstawianych ćwiczeń co najmniej w połowie.
Umiejętności zdobyte w trakcie ćwiczeń audytoryjnych będą weryfikowane poprzez bieżącą ocenę aktywności studenta oraz test końcowy, w którym należy rozwiązać kilka (zwykle 5) zadań otwartych. Wymagane jest uzyskanie przynajmniej 50% punktów.
Skala ocen: <50% - 2,0 (ndst); 50% do 59% - 3,0 (dst); 60% do 69% - 3,5 (dst+) ; 70% do 79% - 4,0 (db); 80% do 89% - 4,5 (db+); 90% do 100% - 5,0 (bdb).

Treści programowe

algebra liniowa, postulaty mechaniki kwantowej, optyka kwantowa, kwantowe bramki i obwody, algorytmy kwantowe, protokoły kryptografii kwantowej, kwantowa korekcja błędów, prowadzenie eksperymentów na komputerach kwantowych

Tematyka zajęć

Wykład:
Część 1 (15 godzin): wybrane doświadczenia uzsadniające teorie kwantowe wykorzystywane w teleinformatyce kwantowej (1 godzina), dowód kwantowej natury światła - eksperyment (1), eksperyment Hanbury'ego-Browna-Twissa (1), funkcja korelacji dla detektorów pojedynczych fotonów (1), eksperyment Grangiera-Rogera-Aspect (1), schemat detekcji potrójnej koincydencji (1), interferencja pojedynczych fotonów - realizacja eksperymentalna (1), kwantowy opis polaryzacji - opis doświadczenia (1), wymazywacz kwantowy - realizacja praktyczna (1), SPDC spontaniczna parametryczna konwersja w dół (1), rozpraszanie parametryczne (1), detektory pojedynczych fotonów (1), konfiguracja źródła par fotonów (1), praktyczny układ interferometru Michelsona z pojedynczym fotonem (1), układ ilustrujący prawo Malusa dla pojedynczych fotonów i konfiguracja doświadczenia z pojedynczym fotonem i podwójną szczeliną (1)
Część 2 (15 godzin): reprezentacje kubitu (1), systemy wielokubitowe (1), superpozycja i splątanie kwantowe (1), operacje unitarne na kubitach (1), twierdzenie o nieklonowaniu (1), bramki kwantowe (1), operacje na fazach kubitów (1), algorytm Grovera (1), kwantowa transformata Fouriera (QFT) i jej zastosowania (2), algorytmy Deutscha, Deutscha-Jozsy i Shora (2), teleportacja kwantowa i kodowanie supergęste (1), kodowanie kwantowe (protekcyjne) (1), szum kwantowy i dekoherencja (1)
Ćwiczenia: podstawy algebry liniowej w zadaniach (2), reprezentacja macierzowa stanu kubitów (2), wektory własne i stany własne (2), operacje unitarne na kubitach (2), bazy pomiaru stanu kubitu (1),

estymacja fazy (1), macierze gęstości i stany mieszane (2), test końcowy (2)
Laboratorium: oprogramowanie używane w laboratorium (1), zasady prowadzenia eksperymentów na komputerach kwantowych (1), obserwacja zjawisk kwantowych (2), przygotowanie kodu i implementacja wybranych algorytmów kwantowych: poszukiwania wzorca i optymalizacji (3), dystrybucji klucza kwantowego (3), teleportacji (2), kwantowego kodowania protekcyjnego (2), obserwacja szumu kwantowego (1)

Metody dydaktyczne

Tradycyjny wykład z wykorzystaniem slajdów, wzbogacony o dyskusję i demostracje wykonania algorytmów. W trakcie ćwiczeń prowadzone są obliczenia zadań na tablicy. W ramach laboratorium studenci tworzą kod programów i wykonują go na symulatorze i - w ramach możliwości - na komputerze kwantowym.

Literatura

Podstawowa:
Richard P. Feynman., Robert B. Leighton , Matthew Sands Feynmana wykłady z fizyki Tom 3 Mechanika kwantowa, Wydawnictwo Naukowe PWN 2014
Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press 10th Anniversary Edition 2021
Ch. Bernhardt, "Obliczenia kwantowe dla każdego", PWN, 2020
Eric R. Johnston, Nicholas Harrigan, Mercedes Gimeno-Segovia, "Komputer kwantowy: programowanie, algorytmy, kod", Helion 2021
Quiskit user's manual (https://docs.quantum.ibm.com/)

Uzupełniająca:
Noson S. Yanofsky, Mirco A. Mannucci, "Quantum Computing for Computer Scientists", Cambridge University Pres, 2013
Kursy dotyczące algorytmów kwantowych udostępniane przez IBM (https://learning.quantum.ibm.com/)
Artykuły naukowe polecane przez prowadzącego

Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	90	3,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	60	2,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwiów/egzaminu, wykonanie projektu)	30	1,00