



## Principali informazioni sull'insegnamento

Denominazione dell'insegnamento	<b>Quantum computing</b>	
Corso di studio	Laurea magistrale in Computer Science	
Anno Accademico	2024/25	
Crediti formativi universitari (CFU) / European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)	6 CFU	
Settore Scientifico Disciplinare	INF/01	
Lingua di erogazione	Inglese	
Anno di corso	Secondo,	
Periodo di erogazione	1^ semestre, le date esatte sono riportate nel manifesto/regolamento	
Obbligo di frequenza	No, ma la frequenza è fortemente raccomandata	
Sito web del corso di studio	<a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/computer-science/computer-science">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/computer-science/computer-science</a>	

<b>Docente/i</b>	
Nome e cognome	Corrado Loglisci
Indirizzo mail	<a href="mailto:corrado.loglisci@uniba.it">corrado.loglisci@uniba.it</a>
Telefono	+39 0805443407
Sede	Dipartimento di Informatica, Via Orabona 4, 70125, Bari. 5^ piano.
Sede virtuale	Piattaforma ADA - <a href="https://elearning.di.uniba.it/">https://elearning.di.uniba.it/</a>
Sito web del docente	<a href="https://www.uniba.it/it/docenti/corrado-loglisci">https://www.uniba.it/it/docenti/corrado-loglisci</a>
Ricevimento (giorni, orari e modalità, es. su appuntamento)	Giovedì 15:00-17:00, previa prenotazione



<b>Syllabus</b>	
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Apprendere conoscenze sul modello di computazione quantistica come paradigma alternativo per il problem solving</p> <p>Apprendere conoscenze sulla elaborazione di informazione quantistica, sulla rappresentazione di stati quantistici in forma di vettore, sulle operazioni matriciali applicabili su essi, su routine quantistiche e sulla sintesi di algoritmi attraverso routine quantistiche</p> <p>Capacità d'uso di tecnologie per la implementazione e codifica di algoritmi e per la loro esecuzione su simulatori e su macchine quantistiche reali</p>
<b>Prerequisiti</b>	Algebra lineare, Probabilità, Logica, Programmazione ad oggetti
<b>Contenuti di insegnamento (Programma)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Basics on quantum theory [11 ore]<ul style="list-style-type: none"><li>• complex numbers, qbits single gates, registers</li></ul></li><li>• Architectures and Circuits [4 ore]<ul style="list-style-type: none"><li>• multi-qbit gates, circuits design, entanglement, no cloning theorem, teleportation</li></ul></li><li>• Quantum routines/algorithm [7 ore]<ul style="list-style-type: none"><li>• parallelism, database search, graph search, period finding, factorization</li></ul></li><li>• Applications<ul style="list-style-type: none"><li>• Cryptography: key-distribution [2 ore]</li><li>• Machine learning: Data encoding, Quantum SVM, Variational quantum models, Quantum neural networks, Quantum k-means clustering [8 ore]</li></ul></li><li>• IBM Quantum information science kit (Qiskit programming environment), Qiskit simulator [15 ore]</li></ul>
<b>Testi di riferimento</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Quantum Computation and Quantum Information, Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang (Cambridge University Press, 2000).</li><li>• An Introduction to Quantum Computation, P. Kaye, R. Laflamme, M. Mosca (Oxford University Press, 2007).</li></ul> <p>Gli studenti che lo desiderano possono ottenere i testi in prestito dalla Biblioteca. Può convenire verificarne la disponibilità mediante il Sistema Bibliotecario di Ateneo <a href="https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php?">https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php?</a> e contattare la biblioteca per concordare il prestito.</p>
<b>Note ai testi di riferimento</b>	I libri di testo sono integrati con le slide e materiale forniti dal docente ed eventuale materiale di approfondimento, resi disponibili sulla piattaforma ADA (vedi sopra "sede virtuale").
<b>Organizzazione della didattica</b>	
<b>Ore</b>	



Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio)	Studio individuale
143 ore	32 ore	15 ore	96 ore
<b>CFU/ETCS</b>			
6 CFU	4 CFU	1 CFU (+1 CFU T3)	

<b>Metodi didattici</b>	
	Lezioni frontali supportate da slide, esercitazioni in aula su proprio personal computer implementando algoritmi quantistici. Attività di laboratorio su framework di cloud computing per lo sviluppo e compilazione di circuiti quantistici eseguiti su simulatori di processori quantistici.

<b>Risultati di apprendimento previsti</b>	
<b>Conoscenza e capacità di comprensione</b>	Rappresentazione delle informazioni e sintesi di algoritmi attraverso tecniche di elaborazione delle informazioni quantistiche
<b>Conoscenza e capacità di comprensione applicate</b>	Applicare tecniche quantistiche per supportare l'indagine di attività già studiate in altre discipline, come l'apprendimento automatico, il data mining e la crittografia
<b>Competenze trasversali</b>	<p><b>Autonomia di giudizio</b> Indagare le caratteristiche del problema corrente e progettare una soluzione computazionale quantistica. Valutare differenze e vantaggi tra soluzione di computazione classica e di computazione quantistica per un medesimo problema</p> <p><b>Abilità comunicative</b> Capacità di illustrare in modo adeguato concetti, modelli di rappresentazione di informazione quantistica, operazioni applicabili e algoritmi quantistici più diffusi.  Capacità di illustrare in modo formale e critico le scelte di progettazione ed implementazione fatte rispetto al problema corrente.</p> <p><b>Capacità di apprendere in modo autonomo</b>  Capacità di analisi e progettazione di una soluzione computazionale identificando in modo autonomo l'informazione quantistica da elaborazione e gli algoritmi quantistici più diffusi da poter integrare.</p>



--	--

<b>Valutazione</b>	
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>Discussione orale riguardante: Progetto sviluppato in periodo antecedente la verifica sul i) realizzazione di un circuito quantistico basato sugli algoritmi visti durante il corso ii) test del circuito su differenti configurazioni di stati di input. Il circuito quantistico da realizzare e i dati su cui costruire gli stati di input devono essere concordati col docente in tempo congruo.</p> <p>Concetti appresi durante il corso, specificatamente su gates, circuiti, algoritmi quantistici ed applicazioni nel Machine learning e Crittografia</p>
<b>Criteri di valutazione</b>	<p>Lo studente sarà valutato sulla base delle</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-padronanza, completezza ed esposizione delle conoscenze su gates, circuiti, algoritmi quantistici ed applicazioni nel Machine learning e Crittografia.</li><li>-capacità di riportare le conoscenze acquisite nel circuito quantistico oggetto del progetto.</li><li>-capacità d'uso delle tecnologie di sviluppo.</li></ul>
<b>Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale</b>	<p>La preparazione e l'apprendimento saranno misurati rispetto a</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-profondità delle scelte progettuali ed autonomia nelle decisioni per realizzare il progetto</li><li>-correttezza e completezza ai quesiti in sede di discussione orale</li></ul> <p>Il voto finale è in trentesimi: mancata profondità e/o incorrettezza nelle scelte progettuali determinano il mancato superamento dell'esame anche in presenza di una buona preparazione sui concetti esposti durante il corso.</p>
<b>Altro</b>	<p>Si suggerisce agli studenti di affidarsi esclusivamente alle informazioni/comunicazioni fornite sui siti ufficiali del Dipartimento di Informatica, ovvero sui gruppi social solo se costituiti e amministrati esclusivamente dai docenti dei relativi insegnamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea</a></li><li>• <a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica</a></li><li>• <a href="https://elearning.di.uniba.it/">https://elearning.di.uniba.it/</a></li></ul> <p>I programmi degli insegnamenti sono disponibili qui:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="https://programmi.di.uniba.it/">https://programmi.di.uniba.it/</a></li></ul>



Le informazioni che tutti gli studenti dovrebbero conoscere sono scritte nei Regolamenti didattici e manifesti degli studi disponibili nel sito:

- <https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/corsi-di-laurea>

Si suggerisce agli studenti di diffidare delle informazioni e dei materiali circolanti su siti o gruppi social non ufficiali, poiché spesso sono risultati non affidabili, non corretti o incompleti. Per ogni dubbio, chiedere un incontro al docente secondo le modalità previste per il ricevimento.

-----

Main information on the course	
Course name	<b>Quantum computing</b>
Degree	Master degree in Computer Science
Academic year	2024/25
European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS), in Italian Crediti Formativi Universitari (CFU)	6 CFU
Settore Scientifico Disciplinare	
Course language	English
Course year	Second
Course period	First Semester - exact dates can be found in the didactic regulations
Course attendance requirement	None, but it is highly recommended to attend classes
Website of the Degree	<a href="https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/computer-science/computer-science">https://www.uniba.it/it/ricerca/dipartimenti/informatica/didattica/corsi-di-laurea/computer-science/computer-science</a>

Teacher(s)	
Name and Surname	Corrado Loglisci
email	<a href="mailto:corrado.loglisci@uniba.it">corrado.loglisci@uniba.it</a>
phone	+39 0805443407
office	Department of Computer science, Via Orabona 4, 70125, Bari. Floor 5 <sup>th</sup>
e-learning platform	Piattaforma ADA - <a href="https://elearning.di.uniba.it/">https://elearning.di.uniba.it/</a>
Teacher's homepage	<a href="https://www.uniba.it/it/docenti/corrado-loglisci">https://www.uniba.it/it/docenti/corrado-loglisci</a>
Office hours	Thursday 3:00-5:00 pm, by reservation

Syllabus	
Course goals	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Learning the quantum computation model as an alternative paradigm for problem solving</li> <li>• Learning quantum information processing, representation of quantum states in vector form, matrix operations applicable on</li> </ul>



	<p>them, quantum routines and synthesis of algorithms through quantum routines</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ability to use technologies for the implementation and coding of algorithms and for their execution on simulators and on real quantum machines</li> </ul>			
<b>Prerequisites/requirements</b>	Linear Algebra, Probability, Logic, Object Oriented Programming			
<b>Course program</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basics on quantum theory [11 hours] <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ complex numbers, qbits single gates, registers</li> </ul> </li> <li>• Architectures and Circuits [4 hours] <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ multi-qbit gates, circuits design, entanglement, no cloning theorem, teleportation</li> </ul> </li> <li>• Quantum routines/algorithms [7 hours] <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ parallelism, database search</li> </ul> </li> <li>• Applications <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Cryptography: key-distribution [2 hours]</li> <li>◦ Machine learning: Data encoding, Quantum SVM, Variational quantum models, Quantum neural networks, Quantum k-means clustering [8 hours]</li> </ul> </li> <li>• IBM Quantum information science kit (Qiskit programming environment), Qirk simulator [15 hours]</li> </ul>			
<b>Books of reference</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantum Computation and Quantum Information, Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang (Cambridge University Press, 2000).</li> <li>• An Introduction to Quantum Computation, P. Kaye, R. Laflamme, M. Mosca (Oxford University Press, 2007).</li> </ul> <p>Students who wish can borrow texts from the Library. It may be advisable to check availability through the University Library System <a href="https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php?">https://opac.uniba.it/easyweb/w8018/index.php?</a> and contact the library to arrange the loan.</p>			
<b>Notes to the books</b>	The textbooks are integrated with slides and material provided by the teacher and any further study material, made available on the ADA platform (see above “virtual location”).			
<b>Organization of the didactic activities</b>				
<b>Hours</b>				
Total	Lectures	Practice sessions	Project work	Individual study
143 hours	32 hours	15 hours	96 hours	hours
<b>CFU/ETCS</b>				
6 CFU	4 CFU	1 CFU	1 CFU	

<b>Teaching methods</b>	
	Lectures supported by slides, classroom exercises on your own personal computer implementing quantum algorithms. Laboratory activities on cloud computing frameworks for the development and compilation of quantum circuits executed on quantum processor simulators.



Expected learning outcomes	
<b>Knowledge and understanding</b>	Information representation and algorithm synthesis through quantum information processing techniques
<b>Applying knowledge and understanding</b>	Applying quantum techniques to support the investigation of tasks already studied in other disciplines, such as machine learning, data mining, and cryptography
<b>Other skills</b>	<p><i>Making judgements</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Investigating the characteristics of the current problem and design a quantum computational solution.</li><li>• Evaluating differences and advantages between classical and quantum computational solutions for the same problem</li></ul> <p><i>Communication</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ability to adequately illustrate concepts, quantum information representation models, applicable operations and most common quantum algorithms.</li><li>• Ability to formally and critically illustrate the design and implementation choices made with respect to the current problem.</li></ul> <p><i>Learning skills</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ability to analyze and design a computational solution by autonomously identifying the quantum information to be processed and the most widespread quantum algorithms that can be integrated.</li></ul>

Assessment	
<b>Assessment methods</b>	<p>Oral discussion regarding:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Project developed in the period preceding the test on i) realization of a quantum circuit based on the algorithms seen during the course ii) testing of the circuit on different configurations of input states. The quantum circuit to be realized and the data on which to build the input states must be agreed with the teacher in adequate time.</li><li>• Concepts learned during the course, specifically on gates, circuits, quantum algorithms and applications in Machine learning and Cryptography</li></ul>
<b>Evaluation criteria</b>	<p>The student will be evaluated on the basis of</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- mastery, completeness and exposition of knowledge on gates, circuits, quantum algorithms and applications in Machine learning and Cryptography.</li><li>- ability to report the knowledge acquired in the quantum circuit object of the project.</li><li>- ability to use development technologies.</li></ul>



<b>Measurements and final grade</b>	<p>Knowledge acquired and learning levels will be measured with respect to</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-depth of design choices and autonomy in decisions to carry out the project</li><li>-correctness and completeness of questions during the oral discussion</li></ul> <p>The final grade is in thirtieths: lack of depth and/or incorrectness in design choices determine failure to pass the exam even in the presence of good preparation on the concepts presented during the course.</p>
<b>Further information</b>	