



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Κβαντική Επεξεργασία Πληροφορίας Ενότητα 1: Εισαγωγή

Σγάρμπας Κυριάκος
Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας
Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Σκοπός της ενότητας αυτής είναι μια εισαγωγή στις βασικές έννοιες της Κβαντικής Επεξεργασίας της Πληροφορίας.



Περιεχόμενα ενότητας

- Εισαγωγή στη Κβαντική Επεξεργασία Πληροφορίας
- Τι είναι
- Γιατί χρειάζεται
- Βιβλιογραφία



Εισαγωγή

Τί Είναι...

- **Κβαντική Επεξεργασία Πληροφορίας(Quantum Information Processing = QIP)** Η επεξεργασία πληροφορίας (καταχώρηση, αναζήτηση, μεταφορά, τροποποίηση) με χρήση *κβαντικών υπολογισμών*
- **Κβαντικός Υπολογισμός(Quantum Computation = QC)** Η εκτέλεση υπολογισμών με χρήση *κβαντικών υπολογιστών*
- **Κβαντικός Υπολογιστής(Quantum Computer)** Ένα σύνθετο *κβαντικό σύστημα το οποίο αποτελείται από τουλάχιστον έναν κβαντικό καταχωρητή και ένα σύνολο κβαντικών πυλών που επιδρούν σε αυτόν*
- **Κβαντικό Σύστημα(Quantum System = QS)** Ένα φυσικό σύστημα η συμπεριφορά του οποίου περιγράφεται επαρκώς μόνο μέσω της κβαντικής φυσικής

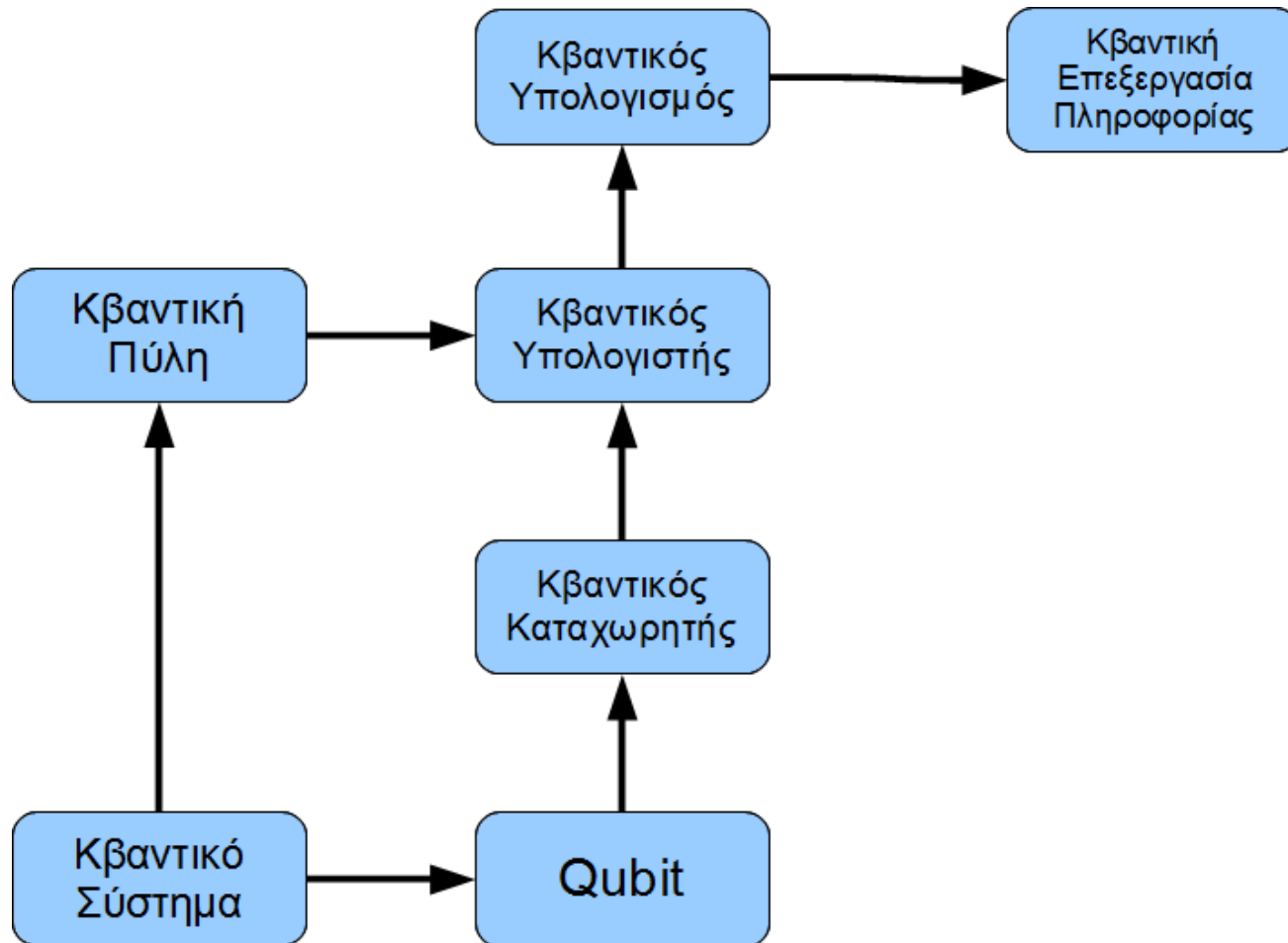


Τί Είναι...

- **Κβαντικός Καταχωρητής(Quantum Register = QReg)**Μια συστοιχία από *qubits* που χρησιμοποιείται ως η μνήμη σε έναν κβαντικό υπολογιστή
- **Κβαντική Πύλη(Quantum Gate)**Μια φυσική διαδικασία που προκαλεί αλλαγή σε ένα ή περισσότερα *qubits* ενός κβαντικού καταχωρητή
- **Κβαντικό Bit(Quantum Bit = Qubit)**Ένα κβαντικό σύστημα δύο καταστάσεων που αποτελεί τη βασική μονάδα καταχώρησης πληροφορίας σε QC/QIP



Διάγραμμα Συσχετίσεων Βασικών Εννοιών



Γιατί Χρειάζεται

- Κυρίως επειδή συγκεκριμένα είδη υπολογισμών γίνονται πολύ πιο γρήγορα (τάξη πολυπλοκότητας) σε κβαντικούς υπολογιστές
- Δευτερευόντως επειδή ο νόμος του Moore μας οδηγεί σε υπολογιστές πολύ μικρής κλίμακας, στα στοιχεία των οποίων εμφανίζονται κβαντικά φαινόμενα



Υπάρχουν Κβαντικοί Υπολογιστές;

- Ναι, και μάλιστα 5 διαφορετικά είδη (*circuit model, adiabatic, measurement-based cluster state, holonomic, topological*), αλλά οι **περισσότεροι** είναι ακόμη σε πειραματικό στάδιο και πρακτικά άχρηστοι (έχουν καταχωρητές της τάξης των 10 qubits).
- Συγκεκριμένα κατασκευαστικά προβλήματα (με πιο σημαντικό την “αποσυγκρότηση” - “decoherence”) εμποδίζουν την κατασκευή μεγάλων κβαντικών υπολογιστών που θα λειτουργούν απερίσπαστα για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα.
- Υπάρχει μεγάλη ερευνητική δραστηριότητα στο hardware για να βρεθεί η ικανοποιητικότερη υλοποίηση.



Όμως...

- Όσο οι Φυσικοί προσπαθούν να λύσουν τα κατασκευαστικά προβλήματα, οι ερευνητές της Πληροφορικής δημιουργούν νέους κβαντικούς αλγόριθμους, έτσι ώστε μόλις γίνουν ευρέως διαθέσιμοι οι κβαντικοί υπολογιστές, να μπορούμε άμεσα να τους χρησιμοποιήσουμε αποτελεσματικά.



D-Wave One D-Wave Systems

<http://www.dwavesys.com>

Μάιος 2011

D:wave
The Quantum Computing Company™

[HOME](#) | [PRODUCTS & SERVICES](#) | [CUSTOMER SUPPORT](#) | [INSIGHTS](#) | [NATURAL QC™](#) | [COMPANY](#) | [RAW TECH](#)



Yes, you can have one.

No, you're not dreaming. D-Wave offer the first commercial quantum computing system on the market. We believe in building great things that are as inspiring as they are powerful.

If you're passionate and curious about the future of computation, and you'd like to take a different approach to solving problems, then take a look at our products.



D-Wave One™
information



D-Wave One D-Wave Systems

<http://www.dwavesys.com>

- Προβλήματα **QUBO**
(Quadratic Unconstrained
Binary Optimization)

$$E(X_1, X_2, \dots, X_N) = \sum_{i < j}^N$$

$$I = \sum_{i < j=1}^N Q_{ij} \times X_i \times X_j$$

- (NP-Hard)

128 qubits

Superconductor flux cells w. 24K Josephson junctions

10.000.000 \$ / 5 μήνες κατασκευή

10'x12'x8' μαζί με την ψυκτική εγκατάσταση

Interface: Python, SQL, Windows APIs, Web tools



Copyright ©2011 D-Wave Systems Inc. | All Rights Reserved

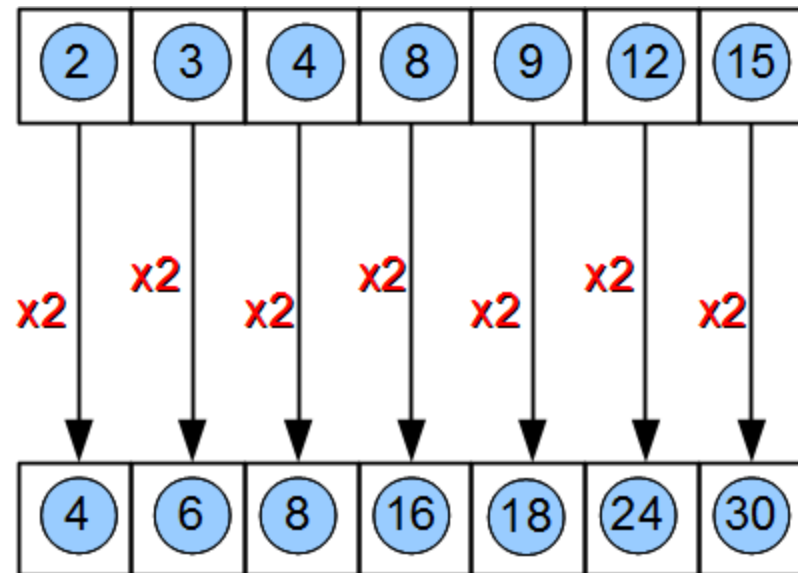


Ένα Παράδειγμα

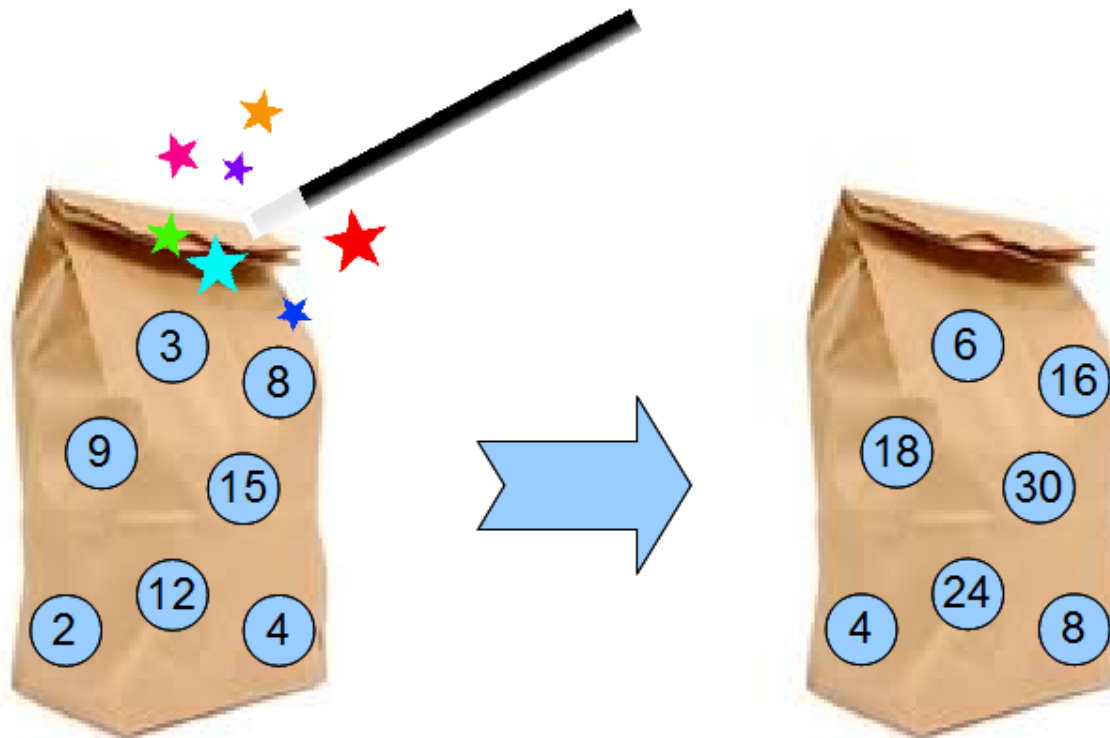
Έστω οι αριθμοί: 2, 3, 4, 8, 9, 12, 15
Διπλασιάστε τους.



Ο Κλασικός Υπολογιστής



Ο Κβαντικός Υπολογιστής

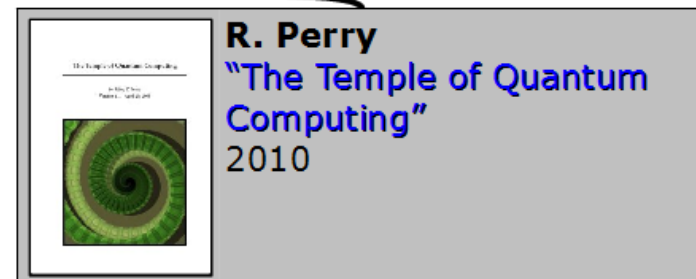
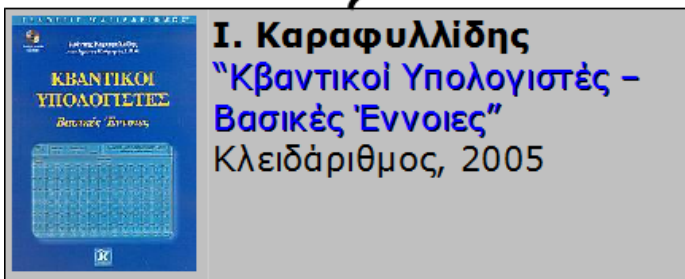
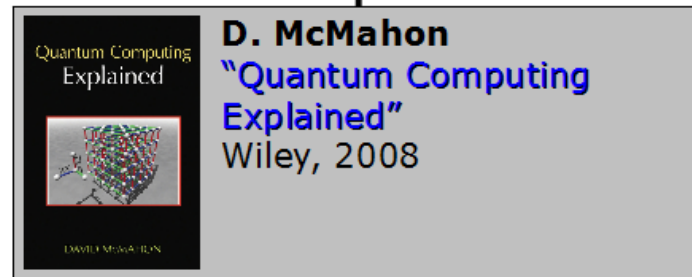
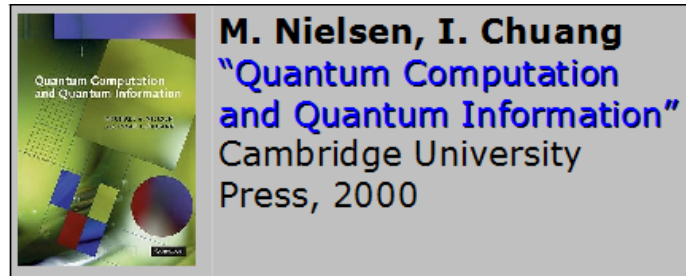


Διαδικαστικά του Μαθήματος

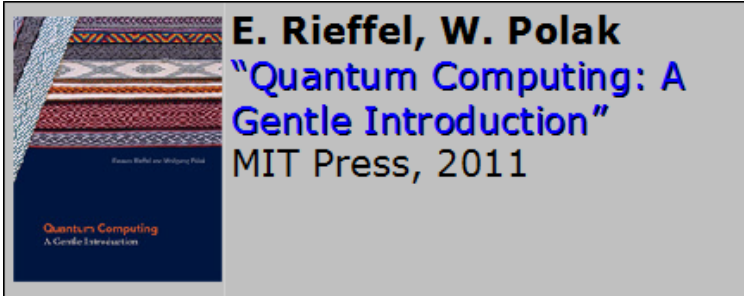
- <https://eclass.upatras.gr/courses/EE742/>
- Υπολογισμός Βαθμού:
 - $B = \min(10, \Pi + E)$
 - όπου:
 - B = Βαθμός Μαθήματος $[0,10]$
 - Π = Βαθμός Παρουσίασης $[0,5]$ (προαιρ.)
 - E = Βαθμός Εξέτασης
 - Η παρουσίαση είναι προαιρετική με ελεύθερο θέμα
 - Η εξέταση γίνεται με ανοικτά βιβλία



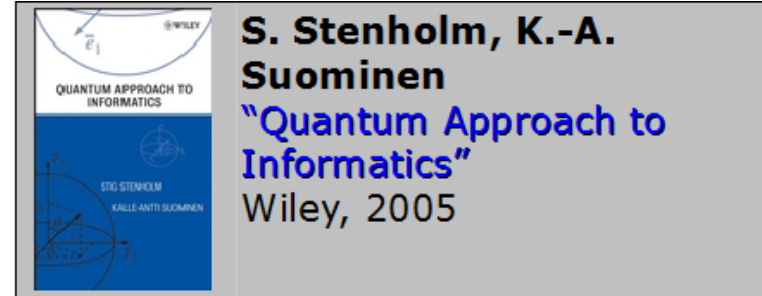
Από πού διαβάζουμε



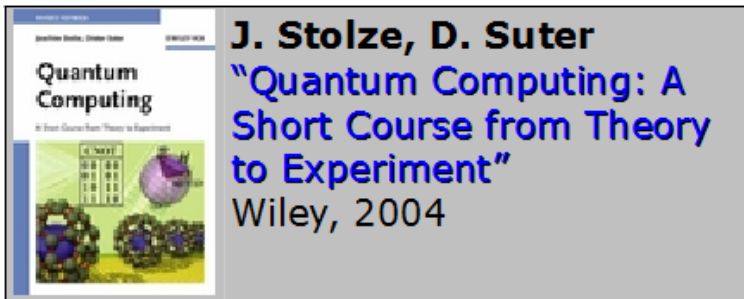
Συμπληρωματικά



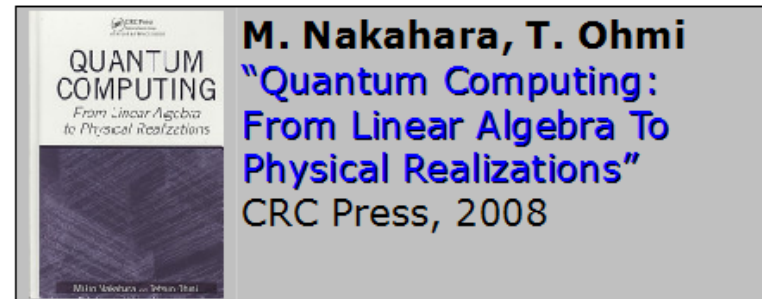
E. Rieffel, W. Polak
"Quantum Computing: A Gentle Introduction"
MIT Press, 2011



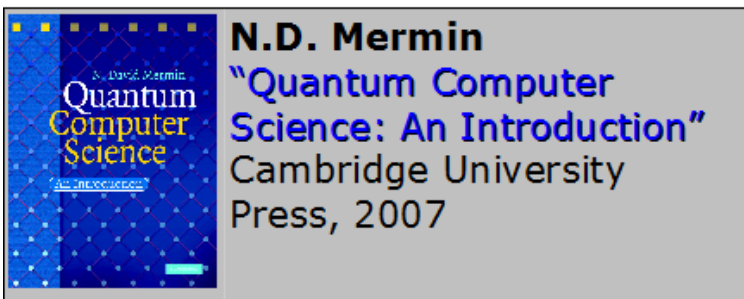
S. Stenholm, K.-A. Suominen
"Quantum Approach to Informatics"
Wiley, 2005



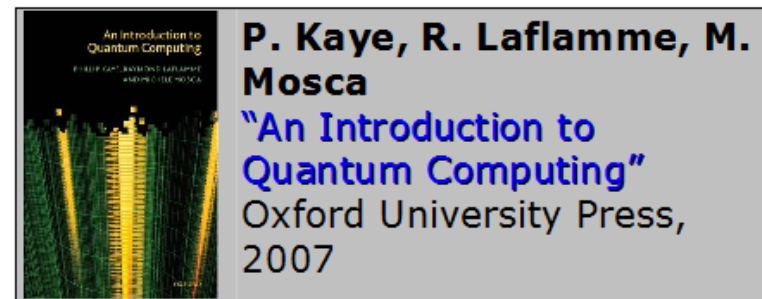
J. Stolze, D. Suter
"Quantum Computing: A Short Course from Theory to Experiment"
Wiley, 2004



M. Nakahara, T. Ohmi
"Quantum Computing: From Linear Algebra to Physical Realizations"
CRC Press, 2008



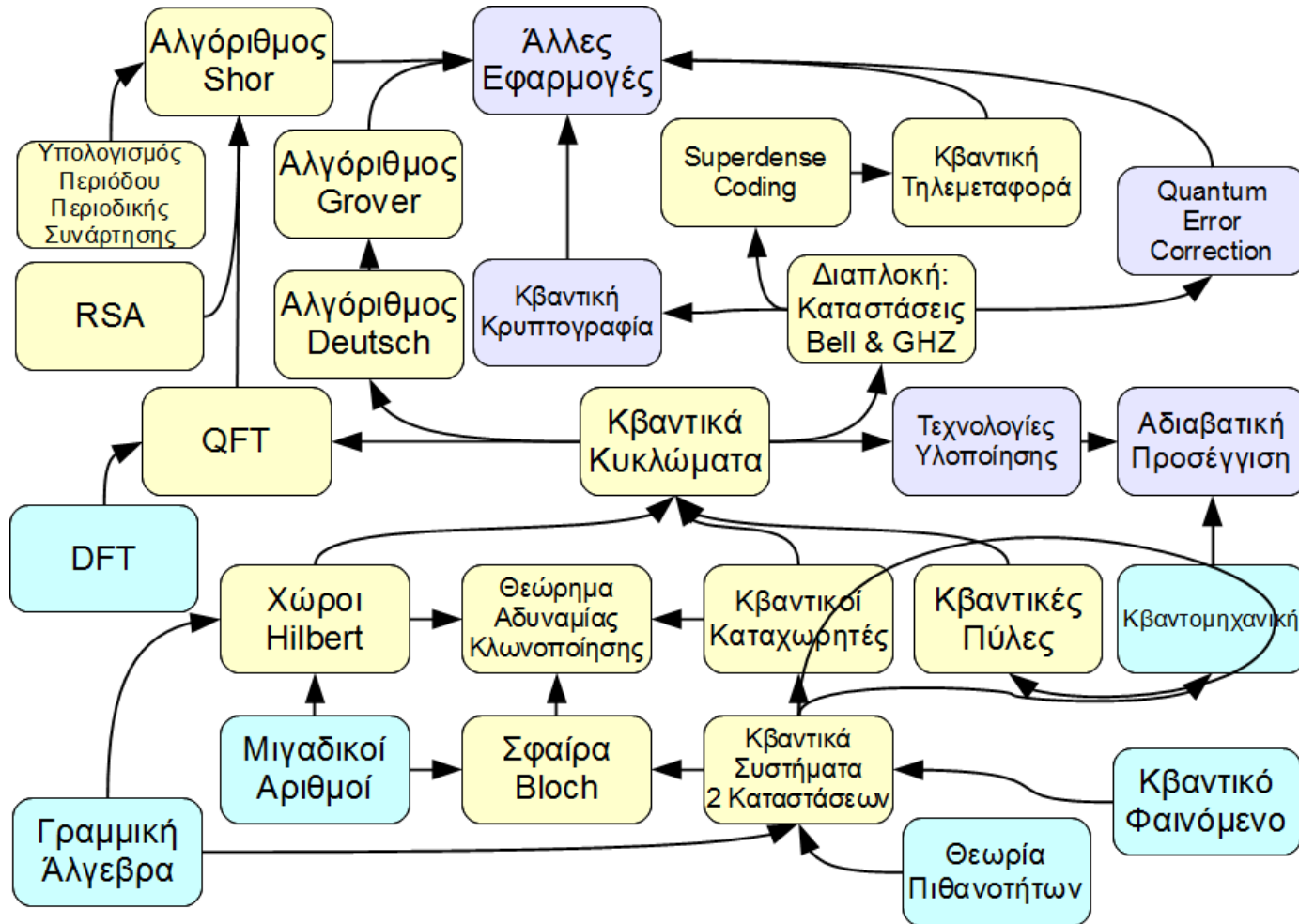
N.D. Mermin
"Quantum Computer Science: An Introduction"
Cambridge University Press, 2007



P. Kaye, R. Laflamme, M. Mosca
"An Introduction to Quantum Computing"
Oxford University Press, 2007



Τί θα μάθουμε



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση **1.0** διαθέσιμη [εδώ](#).



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, **Σγάρμπας Κυριάκος**. «**Κβαντική Επεξεργασία Πληροφορίας, Εισαγωγή**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2014**. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

https://eclass.upatras.gr/modules/course_metadata/opencourses.php?fc=15



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Διαφάνειες 11, 12: <http://www.dwavesys.com>

