

Τι ακριβώς είναι ο υπολογιστής;

Νικόλας Κυπαρισσάς

Αν ρωτήσουμε τον περίγυρό μας τι είναι ο υπολογιστής, οι περισσότερες απαντήσεις που θα λάβουμε είναι πως ο υπολογιστής είναι μια ηλεκτρονική συσκευή με την οποία κυρίως «σερφάρουμε» στο διαδίκτυο ή κάνουμε τη δουλειά μας χρησιμοποιώντας διάφορα προγράμματα. Οι πιο «ψαγμένοι» θα μας μιλήσουν για τον επεξεργαστή, τη μνήμη, την κάρτα γραφικών κλπ. ως τα κύρια μέρη του υπολογιστή. Αυτός όμως είναι ένα πολύ συγκεκριμένο είδος υπολογιστή: ο προσωπικός ηλεκτρονικός υπολογιστής του σήμερα.

Ένας καλός μου φίλος από το πανεπιστήμιο πάντα θυμωνε όταν συμφοιτητές μας αναφέρονταν λανθασμένα στη σχολή μας ως σχολή ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών *ηλεκτρονικών* υπολογιστών. «Δεν ξέρουν καν τι σπουδάζουν», έλεγε, «υπολογιστή μπορείς να φτιάξεις και από έναν αργαλειό!» Μπορεί να σας φαίνεται αστείο, αλλά η δήλωση αυτή όπως θα δούμε είναι πέρα για πέρα αληθινή και στάθηκε αφορμή για το άρθρο που θα διαβάσετε σήμερα.

Στο άρθρο αυτό θα προσπαθήσουμε να εξερευνήσουμε σύντομα μέρος της ιστορίας των υπολογιστών και να απαντήσουμε καίρια και άκρως ενδιαφέροντα ερωτήματα όπως: *Τι είναι ο υπολογιστής; Υπήρχαν υπολογιστές πριν την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού; Ποια βήματα οδήγησαν στους υπολογιστές του σήμερα; Και κυρίως: μπορεί ένας υπολογιστής να υπολογίσει τα πάντα;*

Ένας πρώτος ορισμός του υπολογιστή και μερικά σημαντικά βήματα

Ας ξεκινήσουμε με έναν βασικό ορισμό του υπολογιστή. Ο υπολογιστής είναι μία μηχανή η οποία εκτελεί αυτόματα μία αλληλουχία λογικών και αριθμητικών πράξεων. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό λοιπόν, υπολογιστής δεν είναι μόνο ο προσωπικός μας υπολογιστής που έχουμε στο γραφείο, αλλά και πολλές ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας: από το τηλέφωνο και το tablet μας μέχρι το ηλεκτρονικό σύστημα που βρίσκεται στην τηλεόραση ή το αυτοκίνητό μας.

Αν προσέξουμε όμως καλύτερα τον ορισμό, θα δούμε πως πουθενά δεν αναφέρει πως η μηχανή πρέπει να είναι ηλεκτρονική. Ως μηχανή ορίζεται μια οποιαδήποτε κατασκευή που καταναλώνει κάποιου είδους ενέργεια για να εκτελέσει μία λειτουργία, δηλαδή μια χρήσιμη δράση. Στην πραγματικότητα, υπολογιστές σε διάφορες μορφές συναντάμε ακόμη και στην αρχαιό-

τητα, με πολλούς να αναφέρονται στον Μηχανισμό των Αντικυθήρων ως έναν από τους πρώτους πολύπλοκους μηχανικούς υπολογιστές. Από τότε και καθ' όλη τη διάρκεια της μετέπειτα ιστορίας τους οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν μηχανικούς υπολογιστές για διάφορους σκοπούς όπως η αστρονομία, η δημιουργία μοτίβων στην υφαντουργία, η βαλλιστική κλπ.

Τον 19ο αιώνα ένας Βρετανός μηχανολόγος, ο Charles Babbage, έφτιαξε τον πρώτο μηχανικό υπολογιστή που έθεσε τις βάσεις για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές του σήμερα. Την εποχή εκείνη, για τη χρήση πολύπλοκων μαθηματικών πράξεων όπως οι λογάριθμοι ή οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις χρησιμοποιούνταν οι μαθηματικοί πίνακες: λίστες που περιέχουν τα αποτελέσματα των πράξεων αυτών για διάφορα ορίσματα. Για παράδειγμα, έστω πως έπρεπε να υπολογίσετε τον λογάριθμο με βάση το n του αριθμού k . Θα ανατρέχατε στον αντίστοιχο πίνακα με τους λογαρίθμους με βάση το n και θα βρίσκατε κατευθείαν τη λύση στη γραμμή k . Αν σκεφτούμε όμως πως το όρισμα k μπορεί να είναι δεκαδική τιμή με αρκετά δεκαδικά ψηφία (που αντιστοιχούν στις στήλες της γραμμής k), τότε καταλαβαίνουμε γιατί πίνακες σαν και αυτόν ήταν απαραίτητοι. Οι πίνακες αυτοί γράφονταν από τους λεγόμενους «υπολογιστές», ανθρώπους που υπολόγιζαν τα αποτελέσματα με το χέρι και τα καταχωρούσαν στις λίστες. Ως εκ τούτου, συχνά οι λίστες περιείχαν αριθμητικά λάθη τα οποία ήταν αναπόφευκτα λόγω του ανθρώπινου παράγοντα και πολλές φορές κόστιζαν μέχρι και ανθρώπινες ζωές.

Ο Babbage προσπάθησε να δώσει τη λύση με τη σχεδίαση της «Διαφορικής Μηχανής» του. Η μηχανή αυτή θα εκτελούσε αλάνθαστα τον υπολογισμό μιας τέτοιας πολύπλοκης μαθηματικής πράξης αποσυνθέτοντάς τον σε επιμέρους απλούστερα και πεπερασμένα μαθηματικά βήματα. Αν το σκεφτούμε λίγο βαθύτερα, πρόκειται για μία από τις πρώτες ολοκληρωμένες προσπάθειες μηχανοποίησης της ανθρώπινης σκέψης.

Αν και η υλοποίηση της μηχανής δεν ολοκληρώθηκε τότε, οι ιδέες του Babbage ήταν επαναστατικές για την εποχή και ενθουσίασαν μια νεαρή μαθηματικό με το όνομα Ada Byron, αργότερα κόμισσα του Lovelace. Οι δυο τους άρχισαν να αλληλογραφούν και, καθώς ο Babbage εξέλιξε τη σχεδίαση των μηχανών του, η Ada Lovelace οραματίστηκε και δημοσίευσε τι θα μπορούσε να συμβεί αν οι μηχανές αυτές πήγαιναν ένα βήμα παραπέρα και ακολουθούσαν ένα «σχέδιο» από πολλές πράξεις, το οποίο θα τους επέτρεπε για

παράδειγμα να παράγουν πολύπλοκα σχέδια ή να συνθέσουν μουσική. Η έννοια του προγραμματισμού υπολογιστών ήταν πλέον πραγματικότητα.



Εικ. 1: Το πρωτότυπο της «Διαφορικής Μηχανής» του Babbage.

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής

Από την πρώτη χειροκίνητη μηχανή του Babbage, η τεχνολογία σταδιακά προχώρησε από τον μοχλό και τον ατμό στον ηλεκτρισμό. Πολλά σπουδαία και σημαντικά βήματα συνετέλεσαν στο να φτάσουμε στην τεχνολογία του σήμερα (και ίσως τα καλύψουμε σε επόμενα άρθρα), με το μεγαλύτερο ίσως από αυτά να είναι η εφεύρεση του transistor το 1947 από τους φυσικούς John Bardeen, Walter Brattain και William Shockley, οι οποίοι κέρδισαν το βραβείο Nobel φυσικής για αυτό τους το δημιούργημα.

Το transistor είναι ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα το οποίο λειτουργεί ως διακόπτης ανάλογα με την ηλεκτρική τάση που δέχεται – μπορούμε δηλαδή να ελέγξουμε αν περνάει ρεύμα από τη μία άκρη στην άλλη, εφαρμόζοντας μια ηλεκτρική τάση ενδιάμεσα. Αυτός είναι και ο λόγος που οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές πλέον είναι ψηφιακά συστήματα, τούτέστιν λειτουργούν με διακριτές τιμές. Πιο συγκεκριμένα δύο μόνο διακριτές τιμές (δυναμικό σύστημα, 0 και 1), αφού χοντρικά η πληροφορία μεταφράζεται στο αν περνάει ρεύμα ή όχι από το κάθε «καλώδιο» του υπολογιστή.

Μέχρι την εφεύρεση των transistors το τοπίο της

μηχανικής υπολογιστών ήταν θολό και υπήρχαν διαφωνίες για το ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να υλοποιηθεί κανείς έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Θα είναι αναλογικό ή ψηφιακό σύστημα; Αν είναι ψηφιακό, πόσες διακριτές τιμές χρειαζόμαστε; Η κυριαρχία του transistor φυσικά ήταν προφανής από την πρώτη στιγμή και έπαυσε κάθε διαφωνία, αφού επέτρεψε να κατασκευαστούν πολύ πιο γρήγορα ηλεκτρονικά κυκλώματα με όλο και πιο μικρές διαστάσεις.

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές είναι πλέον παντού γύρω μας και οι μηχανικοί υπολογιστών λύνουν συνεχώς προβλήματα που προχωρούν την τεχνολογία ένα βήμα παραπέρα κάθε φορά. Από το smartphone στην τσέπη μας, το οποίο έχει απίστευτη υπολογιστική ισχύ με χαμηλές απαιτήσεις ενέργειας, μέχρι τους υπερυπολογιστές όπου χιλιάδες επεξεργαστές επικοινωνούν εν ριπή οφθαλμού και μοιράζονται αποδοτικά τους πόρους και τις εργασίες που τους αναθέτουμε.

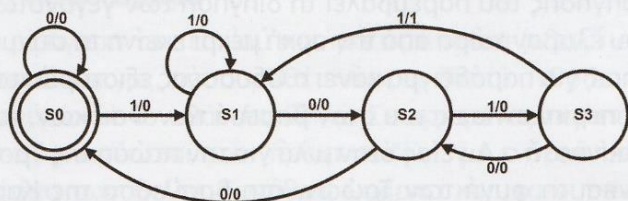
Πως όμως ξέρουμε πως όλα αυτά που αναφέραμε δουλεύουν; Δηλαδή, πως φτάσαμε να ξέρουμε πως αν κωδικοποιήσουμε πληροφορία στο αν περνάει ρεύμα από ένα σωρό σύρματα και υλοποιήσουμε βασικές αριθμητικές πράξεις, θα μπορούμε να υπολογίσουμε ό,τι χρειαζόμαστε, ή ακόμη πιο σημαντικό: ό,τι μπορεί να υπολογιστεί;

Η έννοια της υπολογισιμότητας και ο καθολικός υπολογιστής του Alan Turing

Ο κλάδος της επιστήμης υπολογιστών που απαντάει σε θεμελιώδη ερωτήματα όπως αυτά που προαναφέραμε ονομάζεται θεωρία υπολογισμού. Στη θεωρία υπολογισμού περιγράφουμε με μαθηματικό τρόπο αόριστα θεωρητικά μοντέλα, των οποίων όμως τα «εξαρτήματα» μπορούν να υλοποιηθούν στον πραγματικό κόσμο. Τα μοντέλα αυτά αναπαριστούν τον τρόπο με τον οποίο μια μαθηματική συνάρτηση θα υπολογίσει ένα αποτέλεσμα λαμβάνοντας μια είσοδο. Περιγράφουν δηλαδή πως οργανώνονται και επικοινωνούν βασικές υπολογιστικές μονάδες, για να υπολογίσουν την πληροφορία που επιθυμούμε δεχόμενες μια άλλη πληροφορία ως είσοδο. Η πληροφορία αυτή περιγράφεται με ένα αλφάβητο, χαρακτήρες δηλαδή που μπορεί να καταλάβει το μοντέλο.

Για να καταλάβουμε καλύτερα τον ρόλο και τη μορφή των μοντέλων υπολογισμού, ας δούμε ένα κλασσικό παράδειγμα: τις μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων. Όπως αναφέρει και το όνομά του, το μοντέλο αυτό αποτελείται από σαφώς καθορισμένες καταστάσεις.

Κάθε χρονική στιγμή η μηχανή βρίσκεται σε μία από αυτές και, ανάλογα με την είσοδο που δέχεται, μεταβαίνει από τη μία κατάσταση στην άλλη. Η είσοδος πρέπει να είναι εκπεφρασμένη χρησιμοποιώντας το αλφάβητο που καταλαβαίνει η μηχανή. Για παράδειγμα, στην εικόνα 2 βλέπουμε μία απλή μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων με τέσσερις καταστάσεις που διαβάζει 0 και 1, έχει δηλαδή ως αλφάβητο το δυαδικό σύστημα που χρησιμοποιούν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Η μηχανή αυτή δέχεται συνεχώς δυαδικά ψηφία, και παράγει την έξοδο «1» όταν αναγνωρίσει την ακολουθία «1011». Παρατηρήστε πως σε μερικές καταστάσεις, η παραμονή στην ίδια κατάσταση αποτελεί έγκυρη μετάβαση για μία από τις δύο πιθανές τιμές της εισόδου.



Εικ. 2: Μια μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων που αναγνωρίζει την ακολουθία 1011.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η γενική λογική που ακολουθεί το μοντέλο είναι πως αν λάβει μια είσοδο κάνει κάτι, ενώ αν λάβει μια άλλη είσοδο κάνει κάτι άλλο. Μπορεί το μοντέλο αυτό να φαίνεται αόριστο και καθαρά θεωρητικό, η λογική όμως που περιγράψαμε μπορεί να υλοποιηθεί στον πραγματικό κόσμο χρησιμοποιώντας transistors, αφού όπως προαναφέραμε λειτουργούν ως διακόπτες («ή το ένα, ή το άλλο», on/off, 0 ή 1). Τα ενδιάμεσα βήματα φυσικά είναι πολλά και αποτελούν από μόνα τους ολόκληρους τομείς των μαθηματικών και της σχεδίασης ψηφιακών συστημάτων.

Τα μοντέλα υπολογισμού γενικά μας δείχνουν όχι μόνο αν μπορούμε να υλοποιήσουμε κάτι που υπολογίζει αυτό που θέλουμε, αλλά και το πόσο δύσκολο ή εύκολο είναι να υπολογιστεί, ποσοτικοποιούν δηλαδή το πόσο δύσκολο είναι να λυθεί ένα πρόβλημα, κάτι που στην επιστήμη υπολογιστών ονομάζουμε *πολυπλοκότητα*.

Ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της θεωρίας υπολογισμού ήταν η επινόηση ενός μοντέλου υπολογισμού εν ονόματι Καθολική Μηχανή Turing. Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε από τον Βρετανό μαθηματικό Alan Turing

το 1936 και περιγράφει τις αρχές των υπολογιστών που καταλήξαμε να έχουμε σήμερα σε όλες τις πτυχές της ζωής μας. Ο Turing με αυτό το μοντέλο εισήγαγε θεμελιώδεις αρχές, όπως την εκτέλεση μιας ακολουθίας εντολών οι οποίες είναι αποθηκευμένες στην ίδια τη μηχανή (πρόγραμμα αποθηκευμένο στη μνήμη), και δημιούργησε ένα μοντέλο υπολογισμού που μπορεί να υπολογίσει ό,τι υπολογίζεται – εξ' ου και ονομάστηκε «καθολική» μηχανή. Τέλος, με τη χρήση αυτού του μοντέλου, ο Turing έφτασε σε ένα από τα πιο σημαντικά συμπεράσματα της θεωρίας υπολογισμού, αφού απέδειξε πως υπάρχουν προβλήματα που δεν μπορούν να λυθούν από κανένα υπολογιστή!

Ο Alan Turing θεωρείται ο πατέρας των υπολογιστών του σήμερα. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου δημιούργησε έναν υπολογιστή που αποκρυπτογραφούσε τα μηνύματα των Ναζί, δίνοντας τεράστιο στρατηγικό πλεονέκτημα στους Συμμάχους. Αναλύσεις σήμερα δείχνουν πως η δουλειά του αυτή συντόμευσε τη διάρκεια του πολέμου έως και κατά 2 χρόνια και έσωσε εκατομμύρια ζωές. Τα επιτεύγματά του κατά τη διάρκεια του πολέμου έμειναν στην αφάνεια ως απόρρητα μέχρι το θάνατό του. Καταδικάστηκε το 1952 ως ομοφυλόφιλος και υπέστη χημικό ευνουχισμό. Αυτοκτόνησε 2 χρόνια αργότερα, αφήνοντας πίσω του τεράστια δώρα στην αγάριστη ανθρωπότητα που του φέρθηκε τόσο σκληρά. Από το 1966 απονέμεται ετήσια το Βραβείο Turing, κατά πολλούς «Nobel της πληροφορικής», το οποίο θεωρείται η πιο υψηλή διάκριση στον τομέα της επιστήμης υπολογιστών.

Άρα, τι είναι ο υπολογιστής;

Βλέπουμε λοιπόν πως ο αρχικός, βασικός ορισμός που δώσαμε στον υπολογιστή είναι πολύ περιοριστικός. Υπολογιστής τελικά είναι οποιαδήποτε μεταφορά ενός θεωρητικού μαθηματικού μοντέλου υπολογισμού στον πραγματικό κόσμο. Το πως μεταφέρουμε αυτό το μαθηματικό κατασκεύασμα στον πραγματικό κόσμο και υλοποιούμε έναν υπολογιστή, είναι από μόνο του άξιο θαυμασμού. Είτε αποτελείται από γρανάζια και μοχλούς (μηχανικός), είτε από ηλεκτρικές συνδέσεις και διακόπτες (ηλεκτρονικός), είτε από τον χειρισμό κβαντικών δυνάμεων (κβαντικός), είτε από βιολογικά μόρια (μοριακός), το σίγουρο είναι πως πρόκειται για μία από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις του ανθρώπου, ανοίγοντάς μας δρόμους για ένα μέλλον πέρα από κάθε φαντασία.



• Το Mensa Magazine στο Βατικανό

- Άρης: Το μελλοντικό σπίτι της ανθρωπότητας ή μια νεκρή παγωμένη έρημος;
- Από το ερέθισμα στην απομνημόνευση
- Μέσα Κοινωνικής Δικτύωσης: Αίνιγμα για δυνατούς λύτες

