

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΓΙΩΡΓΟΣ ΒΑΜΒΟΥΡΗΣ

A.M. 09104182

ΣΕΜΦΕ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΤΕΦΑΝΕΑΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΑΘΗΝΑ, 2017

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ιστορική εξέλιξη των υπολογιστών κρίνεται ως σημαντική οπτική θεώρηση στην κατανόηση της καθημερινότητάς μας αλλά κυρίως στη διερεύνηση των πιθανών επιδράσεων των υπολογιστών στη μελλοντική ζωή μας. Η παρούσα ερευνητική εργασία παρουσιάζει την εξέλιξη των υπολογιστών από τις απαρχές της, την αρχαιότητα έως σήμερα και περιγράφει βασικού σταθμούς της.

Λέξεις – Κλειδιά

Υπολογιστές, Ιστορική Εξέλιξη, Τεχνολογία, Αρχαιότητα, Μηχανισμοί

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	iv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	3
1.1. Η ΠΡΩΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ- Ο ΑΒΑΚΑΣ.....	5
1.2. ΟΙ ΕΦΕΥΡΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ.....	9
1.2.1. ΓΡΑΝΑΖΙΑ – ΚΟΧΛΙΕΣ	9
1.2.2. ΔΙΟΠΤΡΕΣ.....	11
1.2.3. ΑΣΤΡΟΛΑΒΟΣ.....	14
1.2.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ	15
1.3.1. ΜΗΧΑΝΗ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ AL JAZARI	21
1.3.2. AL BIROUNI ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΥΤΙ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ.....	22
1.3.3. ΤΑ ΡΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ AL JAZARI	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ	27
2.1. ΚΟΚΚΑΛΑ ΤΟΥ NAPIER	28
2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΡΟΛΟΪ ΤΟΥ W. SCHICKARD	32
2.3. ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ B. PASCAL	35
2.4. ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ G. LEIBNIZ	38
2.5. ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΔΙΑΤΡΗΤΟ ΧΑΡΤΙ	42
2.6. ΤΟ ΑΡΙΘΜΟΜΕΤΡΟ ΤΟΥ ΤΗ. COLMAR.....	44
2.7. Η ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ Η ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ CH. BABBAGE.....	46
2.8. ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ H. HOLLERITH	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΕΛΙΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ	57
3.1. ΟΙ ΠΡΩΤΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ (1900 - 1939)	57

3.1.1.	Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ Z.....	57
3.1.2.	HARVARD MARK I.....	60
3.1.3.	ΑΤΑΝΑΣΟΦ ΒΕΡΡΥ COMPUTER (ABC)	64
3.2.	1 ^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1945 – 1949).....	66
3.2.1.	ENIAC.....	66
3.2.2.	JOHN VON NEUMANN.....	68
3.2.3.	EDVAC-EDSAC.....	69
3.2.4.	SSEM.....	71
3.2.5.	UNIVAC.....	72
3.3.	2 ^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1959 – 1965).....	74
3.3.1.	IBM 1401	74
3.3.2.	IBM 7090/94.....	75
3.3.3.	CDC 1604	76
3.4.	3 ^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1965-1971).....	77
3.4.1.	IBM 360	77
3.4.2.	UNIVAC 1108	78
3.5.	4 ^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1971- 1990).....	79
3.6.	5 ^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1990 – έως σήμερα).....	80
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	82
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Άβακας	5
Εικόνα 2. Ο ελληνικός άβακας(Λάζος, 1993).....	6
Εικόνα 3. Απεικόνιση αριθμού 1946	6
Εικόνα 4. Αρχική θέση των χαντρών και τελική αναπαράσταση του αριθμού 1752.....	7
Εικόνα 5. Κινέζικος Άβακας.....	7
Εικόνα 6. Ιαπωνικός άβακας.....	8
Εικόνα 7. Άβακας για άτομα με προβλήματα όρασης	8
Εικόνα 8. Άβακας επαγγελματιών Ασίας (Computer History Museum)	8
Εικόνα 9. Μηχανή του Ήρωνα	9
Εικόνα 10. Μηχανή του Αρχιμήδη	10
Εικόνα 11: Γρανάζια του Αριστοτέλη.....	11
Εικόνα 12: Διόπτρα του Αρχιμήδη	12
Εικόνα 13: Διόπτρα του Ήρωνα	13
Εικόνα 14. Το οδόμετρο του Ήρωνα.....	14
Εικόνα 15. Αστρολάβος του Ίππαρχου	15
Εικόνα 16. Θραύσματα Υπολογιστή των Αντικύθρων	16
Εικόνα 17. Πρόσθια Όψη του Υπολογιστή των Αντικύθρων.....	17
Εικόνα 18. Απεικόνιση των 365 οπών.....	18
Εικόνα 19. Τα αρχαία ονόματα των μηνών που είναι χαραγμένα στην πάνω κλίμακα της πίσω πλευρά του Μηχανισμού των Αντικυθήρων	19
Εικόνα 20. Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων χρησιμοποιείτο για τον προσδιορισμό των Στεφανιτών αθλητικών αγώνων (Ολυμπιακοί, Πύθια, Ίσθμια, Νέμεα και Νάϊα).....	19
Εικόνα 21. Συνολικό σχηματικό διάγραμμα της διάταξης των οδοντωτών τροχών του Μηχανισμού των Αντικυθήρων	20
Εικόνα 24. Η μηχανή άντλησης υδάτων του Al Jazari	21
Εικόνα 25. Το κουτί της Σελήνης.....	22
Εικόνα 26. Ρολόι του Al Jazari	23
Εικόνα 27. Σχέδιο του Donald R. Hill.....	24
Εικόνα 28. Πολυπλοκότερη μορφή ρολογιού του Al Jazari.....	25
Εικόνα 29. Μηχανισμός λειτουργίας του προηγμένου ρολογιού του Al Jazari	26
Εικόνα 30. Το βιβλίο του Napier	28
Εικόνα 31. Μέθοδος πολλαπλασιασμού που αξιοποίησε ο Napier	29
Εικόνα 32. Βελτιωμένη μέθοδος πολλαπλασιασμού του Napier	30
Εικόνα 33: Πολλαπλασιασμός με τα κόκαλα του Napier	31

Εικόνα 34: Πολλαπλασιασμός πολυψήφιου επί πολυψήφιο	32
Εικόνα 35: Σκίτσο της μηχανής του Σίκαρντ (Württembergischen Landesbibliothek in Stuttgart)	32
Εικόνα 36: Σκίτσο της λειτουργίας της μηχανής του Σίκαρντ (Württembergischen Landesbibliothek in Stuttgart).....	34
Εικόνα 37. Ανακατασκευασμένη μηχανή του Löringhoff.....	34
Εικόνα 38. Η μηχανή του Pascal.....	35
Εικόνα 39. Δομή της λειτουργίας της μηχανής του Pascal.....	36
Εικόνα 40. Μηδενισμός μηχανής Pascal.....	37
Εικόνα 41. Πρώτο βήμα αφαίρεσης	37
Εικόνα 42. Τελικό αποτέλεσμα αφαίρεσης	37
Εικόνα 43: Πρώτα σχέδια του Leibnitz	39
Εικόνα 44: Χειρόγραφο του Leibnitz με τις παρατηρούμενες κακοτεχνίες	40
Εικόνα 45: Αντίγραφο της μηχανής του Leibnitz	40
Εικόνα 46. Η μηχανή του Leibniz	41
Εικόνα 47. Μηχανή του Bouchon	43
Εικόνα 48. Ο αργαλειός του Jacquard	43
Εικόνα 49. Σχέδιο του αριθμόμετρου	44
Εικόνα 50. Μπροστινή όψη αριθμόμετρου	45
Εικόνα 51. Εσωτερική όψη αριθμόμετρου	45
Εικόνα 52. Το αριθμόμετρο του 1865.....	46
Εικόνα 53. Σημειώσεις του Babbage.....	47
Εικόνα 54. Μέθοδος των διαφορών.....	48
Εικόνα 55. Αρχικό σχέδιο πάνω τμήματος της μηχανής του Babbage.....	49
Εικόνα 56: Διαφορική μηχανή του Babbage.....	49
Εικόνα 57. Σχέδιο αναλυτικής μηχανής.....	50
Εικόνα 58. Διάτρητες κάρτες ως μηχανισμός εξόδου	51
Εικόνα 59. Ένα μοντέλο του Mill της Αναλυτικής μηχανής.	52
Εικόνα 60. Χαμηλό τμήμα μηχανισμού ελέγχου	52
Εικόνα 61. Αναλυτική μηχανή.....	53
Εικόνα 62. Το διάγραμμα Note G της Lovelace, ο πρώτος δημοσιευμένος αλγόριθμος υπολογιστή.....	54
Εικόνα 63. Μηχανή του Hollerith.....	55
Εικόνα 64. Δομή της λειτουργίας της μηχανής του Hollerith.....	56
Εικόνα 65. Ο υπολογιστής V1	58

Εικόνα 66. Μονάδες του υπολογιστή V1.....	59
Εικόνα 67. Ο V3	60
Εικόνα 68. Σχηματική Απεικόνιση του Harvard Mark I.....	61
Εικόνα 69. Διακόπτες Εισόδου.....	61
Εικόνα 70. Storage Counters.....	62
Εικόνα 71. Sequence Control and Interpolators	62
Εικόνα 72. Drive Shaft	63
Εικόνα 73. Card Feeds, Card Punch.....	64
Εικόνα 74. Σχηματική αναπαράσταση του ABC.....	65
Εικόνα 75. ENIAC.....	66
Εικόνα 76. Μονάδες του ENIAC	67
Εικόνα 77. Διάγραμμα ροής που προτάθηκε από τον von Neumann για τον ENIAC	68
Εικόνα 78. Αρχιτεκτονική von Neumann	69
Εικόνα 79. EDVAC.....	70
Εικόνα 80. EDSAC	71
Εικόνα 81. SSEM	71
Εικόνα 82. Univac I	73
Εικόνα 83. IBM 1401	75
Εικόνα 84. IBM 7090	76
Εικόνα 85. CDC 1604	77
Εικόνα 86. Χρήση του IBM 360 στη NASA	78
Εικόνα 87. Η κονσόλα του 1108.....	79
Εικόνα 88. Intel 4004.....	80
Εικόνα 89. Ο Personal Computer της IBM	80
Εικόνα 90. Αρθρώσεις βραχίονα ρομπότ	81

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύγχρονη θεώρηση των υπολογιστών ως συστήματα διαχείρισης της πληροφορίας και κατ' επέκταση της επικοινωνίας, απέχει σημαντικά από την αρχική θεώρησή τους ως μηχανήματα υλοποίησης αριθμητικών υπολογισμών.

Αν και η ορολογία το υποδηλώνει, όπως και η αρχική σημασία του όρου «υπολογιστές» (computers) με την οποία αποκαλούνταν οι υπάλληλοι που πραγματοποιούσαν τις υπολογιστικές πράξεις ρουτίνας πριν το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο (O'Regan, 2012), η σημαντική εξέλιξη των υπολογιστών έχει προσδώσει νέα σημασία στην έννοια.

Έτσι, στη σύγχρονη εποχή, οι υπολογιστές είναι οι ηλεκτρονικές συσκευές (ή συστήματα συσκευών) που αξιοποιούνται για την αποθήκευση και τη διάδοση των πληροφοριών, ή τον έλεγχο και τη ρύθμιση άλλων συσκευών ή μηχανημάτων και που είναι ικανές να λαμβάνουν πληροφορίες (δεδομένα) όπως και να τις επεξεργάζονται σύμφωνα με διάφορες διαδικαστικές οδηγίες που παρέχονται από προγράμματα ή λογισμικά (Oxford English Dictionary, 2010).

Διαπιστώνεται, συνακόλουθα, πως η εξέλιξη τους έχει συντελεστεί όχι μόνο στο ίδιο το πεδίο των υπολογισμών αλλά και σε πεδία που δεν είχε διαννοηθεί ο άνθρωπος λίγους αιώνες νωρίτερα. Αξίζει, λοιπόν, η μελέτη της ιστορικής εξέλιξης των υπολογιστικών συστημάτων, προκειμένου υπάρξει σφαιρική εικόνα της δημιουργίας των σύγχρονων υπολογιστών. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να προσδιοριστούν και οι πιθανές δυνατότητες μελλοντικής εξελίξής τους (Haigh, 2004).

Σύμφωνα με τον Tatnall (2012) η εξέλιξη των υπολογιστών στους ηλεκτρονικούς ψηφιακούς υπολογιστές του σήμερα, είναι ανάγκη να ιδωθεί σε συνάρτηση με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και συγκεκριμένα μέσα από το πρίσμα τεσσάρων τύπων

τεχνολογίας: (α) τεχνολογίες για εκτέλεση υπολογισμών μέτρησης, (β) τεχνολογίες για αυτοματοποίηση και έλεγχο, (γ) τεχνολογίες για επεξεργασία και διαχείριση της πληροφορίας και τέλος (δ) τεχνολογίες της επικοινωνίας. Οι εν λόγω τεχνολογίες, εξάλλου, αποτυπώνονται αντιπροσωπευτικά στη δομή του σύγχρονου υπολογιστή.

Υπό το συγκεκριμένο πρίσμα, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κύριες χρονικές περιόδους εξέλιξης των υπολογιστών που σχετίζονται με τη μηχανική και την ηλεκτρολογία και αφορούν στο πέρασμα από την αναλογική στην ψηφιακή διάσταση του υπολογιστή (O'Regan, 2012): (α) την εποχή των αρχαίων τεχνολογιών που εφόρμησαν από την ανάγκη για εκτέλεση υπολογισμών μέτρησης, (β) το χρονικό διάστημα που η τεχνολογία εξελίχθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό εκτέλεσης υπολογισμών μέτρησης, αυτοματοποίησης και ελέγχου καθώς και επεξεργασίας και διαχείρισης της πληροφορίας σε αναλογική μορφή καθώς και (γ) την εποχή της εμφάνισης και ανάπτυξης των ηλεκτρονικών ψηφιακών υπολογιστών.

Συνακόλουθα, η παρούσα εργασία δομείται στη βάση της εξέλιξης των υπολογιστικών συστημάτων έως τη σημερινή μορφή τους, τον ηλεκτρονικό ψηφιακό υπολογιστή και συγκροτείται σε τρία κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ιστορική ακολουθία των γεγονότων που προλείαναν το έδαφος και συνέβαλαν σημαντικά στην εφεύρεση υπολογιστικών συσκευών. Το χρονικό διάστημα αφορά στην αρχαία ιστορία και εμπεριέχει εφευρέσεις του αρχαίου ελληνικού και ισλαμικού κόσμου.

Στο επόμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 2) η ιστορική συνέχεια εκτείνεται στις εφευρέσεις που συνόδευαν την τεχνολογική ανάπτυξη της ανθρωπότητας μετά την εποχή του Μεσαίωνα και περιλαμβάνει τους σταθμούς στην εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων ως τη δημιουργία των αναλογικών υπολογιστών.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται αναλυτικά οι γενιές των ψηφιακών πλέον, ηλεκτρονικών υπολογιστών και σκιαγραφείται η πορεία τους ως την κατάληξή τους στη σημερινή πραγματικότητα.

Τέλος, παρουσιάζονται ορισμένα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ιστορική οπτική που υιοθετήθηκε και αποτυπώνονται ορισμένες πιθανές διαστάσεις που διαγράφονται για τη μελλοντική εξέλιξη των υπολογιστών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Η αναγκαιότητα της (κατά)μέτρησης συνοδεύει την ανθρωπότητα από τις απαρχές της και προφανώς τέθηκε σε άλλη βάση όταν συσχετίστηκε και με την αναγκαιότητα πραγματοποίησης εμπορικών συναλλαγών (Gleick, 2011).

Οι πρώτες προσπάθειες μέτρησης ανάγονται ήδη από τους Βαβυλώνιους, την τρίτη χιλιετία π.Χ. από ανακαλύψεις που φέρνουν στο φως σύμβολα που πιθανόν αναπαριστούν αριθμούς αλλά κυρίως τον άβακα που περιείχε κινούμενες χάντρες για μέτρηση (Gleick, 2011).

Η σκυτάλη πέρασε στον αρχαίο ελληνικό κόσμο όπου η μαθηματική επιστήμη αναπτύχθηκε σημαντικά και αποτέλεσε τροχό ανάπτυξης και της τεχνολογίας αντίστοιχα. Έτσι, στην Αρχαία Ελλάδα, συναντούμε τρία θεσμικά όργανα που συνέβαλαν στην επιστήμη και την τεχνολογία: η Ακαδημία του Πλάτωνα, το Λύκειο του Αριστοτέλη και η Σχολή της Αλεξάνδρειας. Ένα σημαντικό παράδειγμα είναι η Σχολή της Αλεξάνδρειας στην Αίγυπτο όπου υπήρξαν έντονες ερευνητικές και διδακτικές δραστηριότητες σχετικά με αυτόματες συσκευές (Λάζος, 1993; Gleick, 2011). Στη σχολή αυτή δίδαξαν σημαντικές προσωπικότητες όπως οι: Ευκλείδης, Αρχιμήδης, Ήρωνας, Φίλων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο Ήρωνας, που κατασκεύασε διάφορα υδραυλικά συστήματα όπως την αιολόσφαιρα (την πρώτη ατμομηχανή), την αυτόματη πόρτα για ναούς ή θέατρα και θεωρείται ως ο πρώτος μηχανικός γιατί σχεδίασε λεπτομερή διαγράμματα από τα μηχανήματά του.

Στα χρόνια που ακολούθησαν οι πιο δημιουργικές εξελίξεις έγιναν στον Ισλαμικό κόσμο (O' Regan, 2012). Δυστυχώς, τα τεχνολογικά επιτεύγματα δεν είναι καταγεγραμμένα σε ικανοποιητικό βαθμό, γιατί εκείνη την εποχή η γνώση περνούσε από τον εκπαιδευτή στους μαθητευόμενους μέσω της εμπειρίας, χωρίς να καταγράφεται. Το πρώτο βιβλίο ανήκει στα αδέλφια Banū Mūsā τον 9^ο αιώνα. Στο

βιβλίο τους περιγράφονται διάφορες μηχανές, μεγάλο μέρος των οποίων ανήκουν στη Σχολή της Αλεξάνδρειας. Τα αδέρφια εξέλιξαν τις μηχανές αυτές, ενώ σχεδίασαν και νέες που σχετίζονταν με μηχανισμούς για σιντριβάνια, επιστημονικά εργαλεία, γεωργικά μηχανήματα, παιχνίδια και άλλους αυτόματους μηχανισμούς που η λειτουργία τους βασιζόταν σε συστήματα δράσης – αντίδρασης, μηχανισμούς με βαλβίδες κ.α. Οι ιδέες των αδελφών Banū Mūsā υιοθετήθηκαν και από άλλους Άραβες μηχανικούς (όπως ο Αλ Μπιρουνί) οι οποίοι τις εξέλιξαν και τις βελτίωσαν. Οι νέες αυτές μηχανές μεταφέρθηκαν σε ολόκληρη την Ευρώπη, μέσω της Ισπανίας, με τη μετάδοση της Αραβικής κουλτούρας και του πολιτισμού.

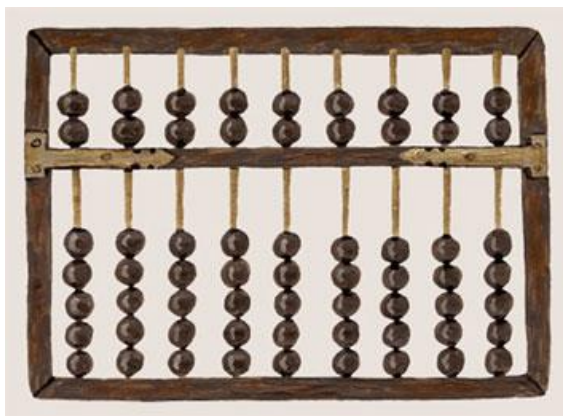
Τόσο ο άβακας ανά τις περιοχές όπου αξιοποιήθηκε, όσο και οι σημαντικότεροι σταθμοί στην εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων, του ελληνικού και του ισλαμικού κόσμου, παρουσιάζονται αναλυτικότερα ακολούθως.

1.1. Η ΠΡΩΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ- Ο ΑΒΑΚΑΣ

Ο άβακας είναι ένα απλό αριθμοόργανο το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτέλεση των βασικών πράξεων (πρόσθεση, αφαίρεση και πολλαπλασιασμό).

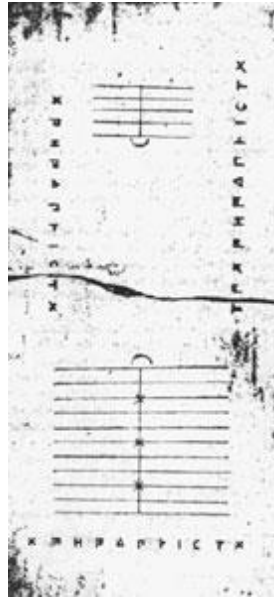
Η λέξη έχει τις ρίζες της στην ελληνική λέξη άβαξ η οποία σημαίνει "τραπέζι υπολογισμών". Επειδή το άβαξ σήμαινε και "τραπέζι με άμμο ή σκόνη" ο οποίο χρησιμοποιούσαν για την σχεδίαση γεωμετρικών σχημάτων, υπάρχει επίσης η υπόθεση ότι η Ελληνική λέξη προήλθε από την Σημιτική ρίζα ābā, την Εβραϊκή λέξη για την σκόνη (Λάζος, 1993).

Αποτελείται από ορθογώνιο πλαίσιο το οποίο είναι κατασκευασμένο από ξύλο και χωρίζεται σε παράλληλες στήλες (Εικόνα 1). Κάθε στήλη περιέχει σύνολο από χάντρες οι οποίες κινούνται πάνω σε πακτωμένες λεπτές κολώνες. Η τελευταία δεξιά στήλη προορίζεται για μονάδες, η προτελευταία για δεκάδες, η τρίτη από το τέλος για εκατοντάδες κ.ο.κ.



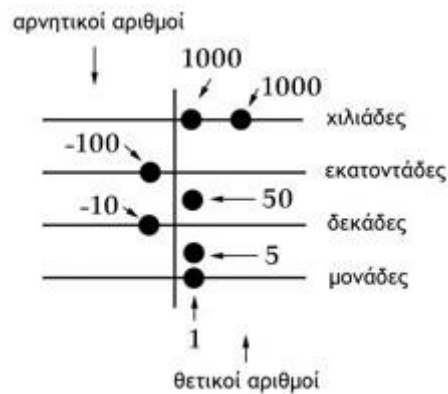
Εικόνα 1. Άβακας

Ο Ελληνικός Άβακας ήταν κατασκευασμένος πάνω σε μια πλάκα με διαστάσεις 149 εκ. μήκος, 75 εκ. πλάτος και 4,5 εκ. πάχος (Εικόνα 2) (Λάζος, 1993). Ανακαλύφθηκε στη Σαλαμίνα το 1846 και χρονολογείται το 300 π.χ. (Λάζος, 1993).



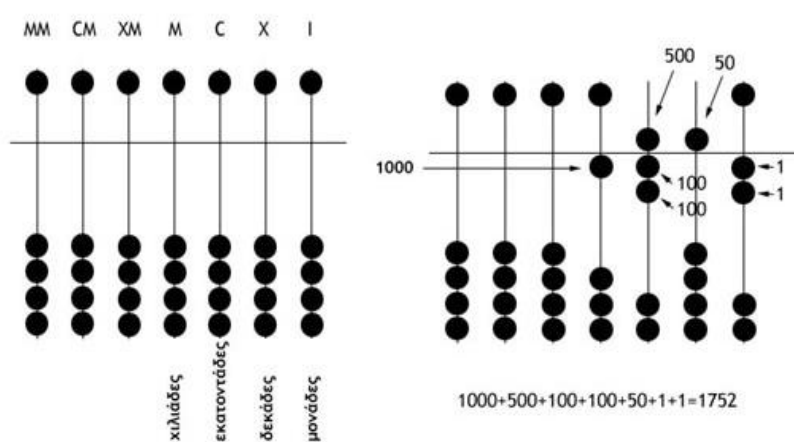
Εικόνα 2. Ο ελληνικός άβακας(Λάζος, 1993)

Εμπεριέχει πέντε ομάδες σημάνσεων. Οι τρεις αφορούν ελληνικά σύμβολα που σημειώνονται στα πλάγια και στην κάτω πλευρά του άβακα. Οι υπόλοιπες δύο ομάδες αφορούν παράλληλες γραμμές επιμερισμένες σε δύο τμήματα με ενδιάμεση κάθετη γραμμή και σημάδια ημικυκλίων ή σταυρών ανάλογα. Η απεικόνιση των αριθμών γινόταν με τοποθέτηση βότσαλων. Οι γραμμές απεικονίζουν τις δυνάμεις του 10 (μονάδες, δεκάδες, εκατοντάδες κλπ). Ένα βότσαλο ανάμεσα στις γραμμές αναπαριστά το πέντε. Βότσαλα που βρίσκονται στη δεξιά πλευρά της κατακόρυφης γραμμής αναπαριστούν θετικούς αριθμούς, ενώ αυτά που είναι στην αριστερή απεικονίζουν αρνητικούς αριθμούς. Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται ως ενδεικτικό παράδειγμα, ο αριθμός 1946 (Εικόνα 3).



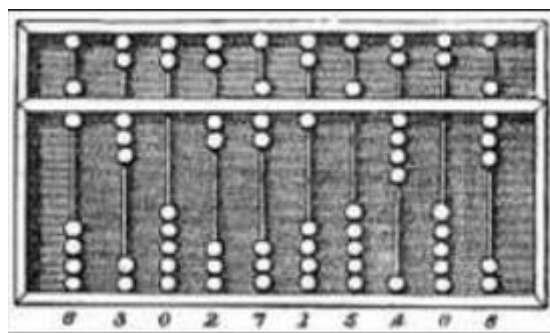
Εικόνα 3. Απεικόνιση αριθμού 1946

Οι Ρωμαίοι, επίσης, εξέλιξαν τον άβακα των Βαβυλωνίων και δημιούργησαν ένα φορητό άβακα χειρός. Οι υπολογισμοί γίνονταν και στην προκειμένη περίπτωση, με βάση το δέκα και καταγράφονταν ανά στήλη. Ο διαχωρισμός των στηλών σε δύο πεδία εξυπηρετούσε την υπέρβαση των πέντε μονάδων της αντίστοιχης κατηγορίας (μονάδες, δεκάδες, εκατοντάδες κ.τ.λ.). Έτσι, στην άνω θέση η χάντρα υποδήλωνε πεντάδες της θεσιακής αξίας της στήλης (πεντάδα μονάδων, πενήντα, πεντακόσια κ.λ.π.). Ως παράδειγμα, παρουσιάζεται ο αριθμός 1752 στις Εικόνα 4 (Λάζος, 1993).



Εικόνα 4. Αρχική θέση των χαντρών και τελική αναπαράσταση του αριθμού 1752

Στον ρωμαϊκό άβακα προσιδιάζει και ο κινέζικος άβακας (Εικόνα 5), ενώ ο ιαπωνικός εμφανίζεται πληθέστερος σε στήλες και με χάντρες που έχουν σχήμα διπλού κώνου (Εικόνα 6) (Λάζος, 1993).



Εικόνα 5. Κινέζικος Άβακας



Εικόνα 6. Ιαπωνικός άβακας

Σημειώνεται, πως στη σύγχρονη πραγματικότητα, αξιοποιείται ακόμη ο άβακας, είτε στην εκπαιδευτική διαδικασία της γενικής αγωγής για την εκμάθηση βασικών αριθμητικών δεξιοτήτων, είτε στην ειδική αγωγή κυρίως σε άτομα με προβλήματα όρασης (Εικόνα 7), είτε ακόμη και ως εργαλείο επαγγελματικής χρήσης στην Ασία (Εικόνα 8).



Εικόνα 7. Άβακας για άτομα με προβλήματα όρασης



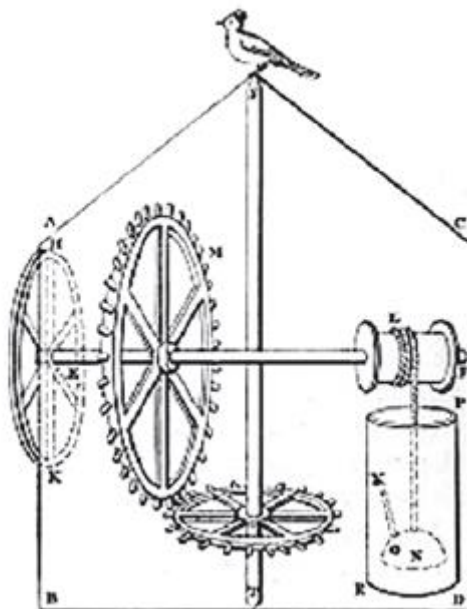
Εικόνα 8. Άβακας επαγγελματιών Ασίας (Computer History Museum)

1.2. ΟΙ ΕΦΕΥΡΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ

Οι πρώτες μηχανές που υλοποιήθηκαν στηρίζονταν στην ανάπτυξη της Γεωμετρίας και αποτελούνταν από βασικούς μηχανισμούς όπως άξονες, συνδέσμους, αρθρώσεις, έκκεντρα κ.α. Η εξέλιξή τους ξεκίνησε, λοιπόν, από τα υποτυπώδη γρανάζια του Ήρωνα και μέσα από κοχλίες, διόπτρες και το οδόμετρο του Ήρωνα και κατέληξε σε μηχανές κατανόησης της αστρονομίας και στην πρώιμη μορφή αναλογικού υπολογιστή, τον υπολογιστή των Αντικύθηρων (Δημαρόγκωνας, 2004).

1.2.1. ΓΡΑΝΑΖΙΑ – ΚΟΧΛΙΕΣ

Τα πρώτα υποτυπώδη γρανάζια συγκαταλέγονται στις προσπάθειες του Ήρωνα (Field & Wright, 1997) (Εικόνα 9)

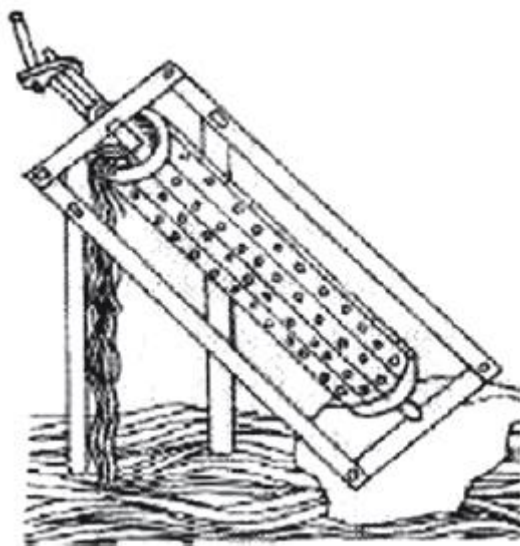


Εικόνα 9. Μηχανή του Ήρωνα

Με τον Αρχιμήδη (287-212 π.Χ.), απαντούμε τον κοχλία, τον οποίο σχεδίασε στη βάση της σπειροειδούς κίνησης και αφορούσε στην ανύψωση του νερού μέσω των κενών μεταξύ βίδας και εσωτερικού περιβλήματος (Field & Wright, 1997) (Εικόνα 10).

Πιο συγκεκριμένα, ο κοχλίας του Αρχιμήδη αποτελείται από έναν κοχλία μέσα σε ένα κενό σωλήνα. Για την κατασκευή του κοχλία είχε χρησιμοποιηθεί ένας ξύλινος άξονας ο οποίος έφερε περιελίξεις από εύκαμπτα κλαδιά (από αναφορές γνωρίζουμε πως χρησιμοποιήθηκε ιτιά ή λυγαριά). Ο κοχλίας μπορεί να περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός ανεμόμυλου ή χειροκίνητα. Ο κοχλίας βρίσκεται σε κλίση με το έδαφος και καθώς γυρίζει εγκλωβίζεται νερό και μεταφέρεται στο πάνω μέρος της κατασκευής όπου χύνεται και τροφοδοτεί κανάλια ύδρευσης.

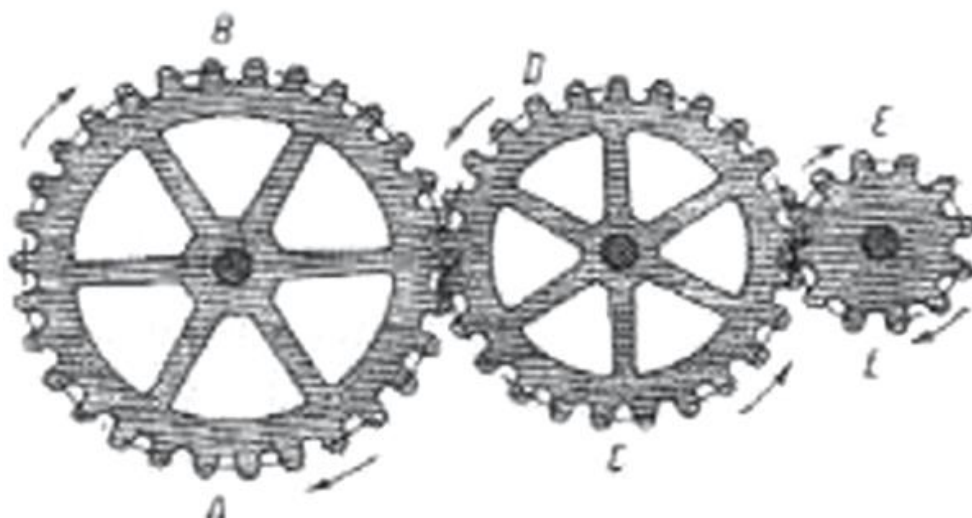
Μια απεικόνιση της μηχανής του Αρχιμήδη, βρίσκουμε σε κείμενα της Αναγέννησης από τον Honrad Kyeser στο έργο του «BELLIFORTIS» (Field & Wright, 1997).



Εικόνα 10. Μηχανή του Αρχιμήδη

Τέλος, τον 4ο αιώνα π.Χ. ο Αριστοτέλης περιέγραψε τη μετάδοση της κίνησης χρησιμοποιώντας μεταλλικά γρανάζια (Field & Wright, 1997). Ανέφερε ότι η φορά της περιστροφής αντιστρέφεται όταν ένα γρανάζι οδηγεί ένα άλλο γρανάζι. Στην

Εικόνα 11 που ακολουθεί βλέπουμε μια προσπάθεια ανασχεδιασμού του σχεδίου του Αριστοτέλη από τον Milonon το 1936.



Εικόνα 11: Γρανάζια του Αριστοτέλη

1.2.2. ΔΙΟΠΤΡΕΣ

Η Διόπτρα είναι κλασικό οπτικό τοπογραφικό και αστρονομικό όργανο του οποίου η λειτουργία στηρίζεται στην διάθλαση του φωτός. Οι Έλληνες αστρονόμοι χρησιμοποίησαν διόπτρες για τη μέτρηση των θέσεων των άστρων (Κοτσανάς, 2011). Διόπτρες συναντούμε στην αρχαία Ελλάδα μεταξύ άλλων στον Πυθέα, στον Ίππαρχο, στον Αρχιμήδη και στον Ήρωνα (Κοτσανάς, 2011).

Ο Πυθέας είχε κατασκευάσει διόπτρα η ύπαρξη της οποίας επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι ο Πυθέας είχε εντοπίσει ότι ο βόρειος ουράνιος πόλος και ο πολικός αστέρας δεν συμπίπτουν.

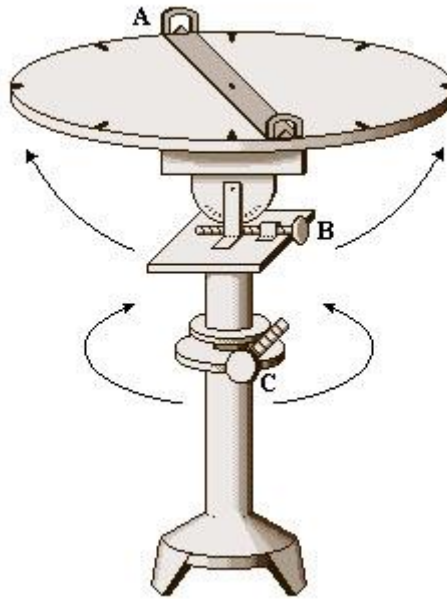
Η διόπτρα του Ιππάρχου χρησίμευε για την εκτίμηση της φαινόμενης διαμέτρου του Ήλιου και της Σελήνης. Με τη διόπτρα ο Ίππαρχος υπολόγισε την απόσταση και το πραγματικό μέγεθος των δύο αυτών αστερών.

Η διόπτρα του Αρχιμήδη ήταν τοποθετημένη στην κορυφή του φάρου της Αλεξάνδρειας. Πρόκειται για ένα από τα πρώτα αστρονομικά όργανα κατάλληλο για τη μέτρηση πολύ μικρών γωνιών. Χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τη μέτρηση της απόστασης των ουρανίων σωμάτων από τη γη αλλά και της μεταξύ τους απόστασης. Αποτελούνταν από μια μακριά (τετράπηχη) βαθμονομημένη ράβδο στο άκρο της οποίας έφερε ένα πλακίδιο με προσοφθάλμιο και από ένα ολισθαίνον στέλεχος. Το στέλεχος έφερε είτε ένα στενό πλακίδιο, είτε ένα μεγαλύτερο πλακίδιο με μια μεγάλη ή δύο μικρότερες οπές. Για να υπολογιστεί η ζητούμενη απόσταση, ο χειριστής στόχευε το ουράνιο σώμα και μετακινούσε το ολισθαίνον στέλεχος μέχρι να καλύψει την περιφέρειά του. Τότε διάβαζε τη γωνία ή με χρήση αναλογιών υπολόγιζε τη ζητούμενη απόσταση.



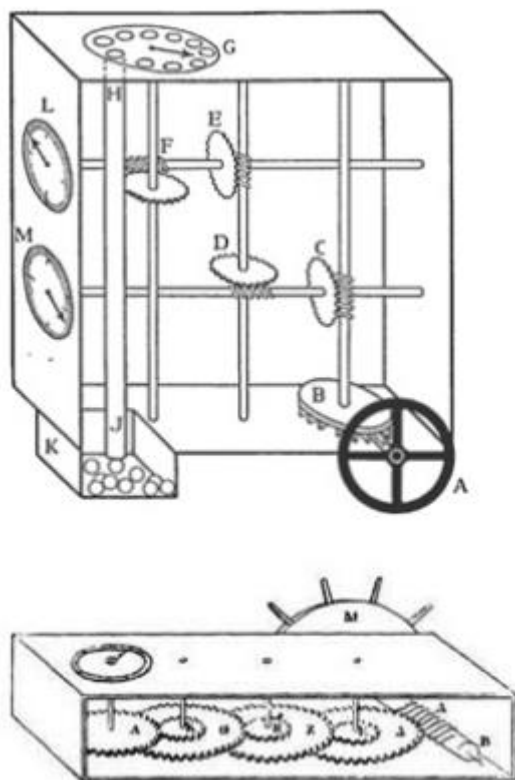
Εικόνα 12: Διόπτρα του Αρχιμήδη

Η διόπτρα του Ήρωνα είναι ένα φορητό εργαλείο που επιτρέπει γεωδαιτικές αλλά και αστρονομικές μετρήσεις (Εικόνα 13). Μετρά αζιμούθιο, ύψη, μήκη και γωνιακές αποστάσεις μεταξύ γήινων αλλά και ουράνιων σημείων. Αποτελείται από ένα στυλίσκο ύψους περίπου 50 εκατοστών, πάνω στο οποίο στηρίζεται το σκόπευτρο (γωνιόμετρο). Η κίνησή του γινόταν με ακρίβεια με τη βοήθεια ενός ατέρμονα κοχλία και της βαθμονομημένης πλάκας πάνω στην οποία στηριζόταν. Το όργανο περιλαμβάνει μηχανισμό ακριβείας για οριζόντια και κατακόρυφη περιστροφή του γωνιόμετρου καθώς και σκόπευτρο. Ο μηχανισμός ακριβείας είναι κατασκευασμένος από ορείχαλκο. Με αυτήν την διόπτρα ο Ήρων μέτρησε την απόσταση Αλεξάνδρειας-Ρώμης (Πέλλης, 2012).



Εικόνα 13: Διόπτρα του Ήρωνα

Στον Ήρωνα καταγράφεται και η κατασκευή του οδόμετρου, που αποτελεί τον πρόδρομο του σημερινού κοντέρ για τη μέτρηση της ταχύτητας (Εικόνα 14). Αποτελείτο από ένα σύμπλεγμα από οδοντωτούς τροχούς και ατέρμονες κοχλίες και μπορούσε να προσαρμοστεί σε οποιαδήποτε τροχοφόρο. Η κίνηση του τροχοφόρου μεταφερόταν από τους τροχούς και τους κοχλίες και μετατρεπόταν σε μονάδες μέτρησης μήκους το οποίο καταγραφόταν από ένα σύστημα δίσκων στο πάνω μέρος της συσκευής.



Εικόνα 14. Το οδόμετρο του Έρωνα

1.2.3. ΑΣΤΡΟΛΑΒΟΣ

Ο αστρολάβος είναι ένα αστρονομικό όργανο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την παρατήρηση του Ήλιου και των αστεριών (Σπύρου, 1998). Χρησιμοποιήθηκε κυρίως από ναυτικούς. Με τη βοήθεια του αστρολάβου ήταν δυνατή η εύρεση των θέσεων του Ήλιου, της Σελήνης, των πλανητών και των άστρων. Επίσης γινόταν δυνατή η εύρεση της ώρας εφόσον ήταν γνωστό το γεωγραφικό πλάτος και μήκος (και αντίστροφα) (Σπύρου, 1998).

Η εφεύρεσή του αποδίδεται στον Ίππαρχο. Αρχικά είχε σφαιρικό σχήμα (Εικόνα 15) (Σπύρου, 1998). Ο σφαιρικός αστρολάβος αποτελείται από πέντε μεταλλικά στεφάνια σε μορφή δακτυλίων με την ακόλουθη διάταξη: η εξωτερική στεφάνη είναι οριζόντια και εφάπτεται εσωτερικά με δύο άλλες στεφάνες κάθετες που συνδέονται μόνιμα. Τα δύο αυτά κάθετα στεφάνια έχουν εσωτερικά δύο ομόκεντρα κινητά στεφάνια που συνδέονται κατά διαφορετικό άξονα μεταξύ τους.



Εικόνα 15. Αστρολάβος του Ίππαρχου

1.2.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι ένας αναλογικός υπολογιστής εκπληκτικής τεχνολογίας. Κατασκευάστηκε πριν από 2000 χρόνια και χρησιμοποιείτο για τον ακριβή υπολογισμό της θέσης του Ηλίου, της Σελήνης και, πιθανώς, των πλανητών, στον ουρανό (). Υπολόγιζε τις φάσεις της Σελήνης, προέβλεπε εκλείψεις και προσδιόριζε την ημερομηνία τέλεσης των αρχαίων Στεφανιτών αγώνων().

Η ανακάλυψή του έγινε το 1900 από Σύμιους σφουγγαράδες που λόγω σφοδρής θαλασσοταραχής αγκυροβόλησαν στα Αντικύθηρα και τυχαία έφεραν στο φως το «Ναυάγιο των Αντικύθηρων» (). Υπήρξε σπουδαία ανακάλυψη εφόσον άλλαξε τη μέχρι τότε ισχύουσα θέση για την εξέλιξη της τεχνολογίας στους αρχαίους Έλληνες (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Θραύσματα Υπολογιστή των Αντικύθηρων

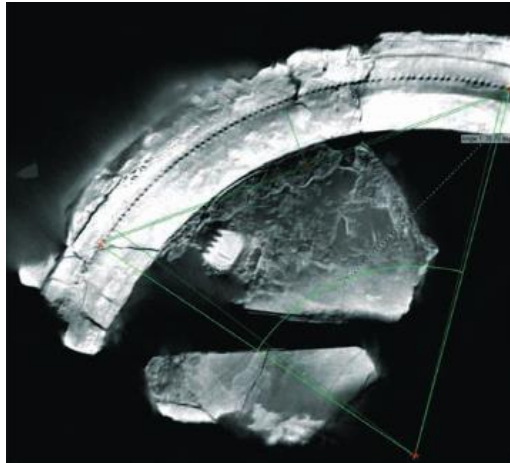
Όπως αναφέρει ο φυσικός, μαθηματικός και ιστορικός των Επιστημών, Ντέρεκ Ντε Σόλα Πράις: *«είναι το παλαιότερο δείγμα επιστημονικής τεχνολογίας που διασώζεται μέχρι σήμερα και αλλάζει τελείως τις απόψεις μας για την αρχαία ελληνική τεχνολογία»* (Σειραδάκης, 2009: σελ. 6).

Ο Μηχανισμός είναι φτιαγμένος από μπρούντζο σε ένα ξύλινο πλαίσιο διαστάσεων 3 εκ. × 16 εκ. × 10 εκ. (Εικόνα 17). Τη μπροστινή και την πίσω επιφάνεια κάλυπταν μπρούτζινες πλάκες, με ημερολογιακές ή αστρονομικές κλίμακες και δείκτες. Οι επιφάνειες αυτές προστατεύονταν από δύο (επίσης) ξύλινα εξωτερικά καλύμματα, στα οποία ήταν προσαρμοσμένες, πυκνογραμμένες μπρούτζινες πλάκες. Περιείχε τουλάχιστον 30 συνεργαζόμενους οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια) και η πολυπλοκότητά του είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν όλων των συσκευών που κατασκεύασε ο άνθρωπος κατά την επόμενη χιλιετία. Στην μπροστινή πλευρά του μηχανισμού υπήρχαν δυο ομόκεντροι κύκλοι χωρισμένοι σε κλίμακες με τρεις ή περισσότερους δείκτες. Ο ένας δείκτης έδειχνε την θέση του ήλιου στον ουρανό, με χρυσή σφαίρα (όπως έγινε κατανοητό από τους ερευνητές στις επιγραφές). Ο άλλος έδειχνε την θέση και την φάση που βρισκόταν η σελήνη κατά τη διάρκεια του μήνα με τη βοήθεια μιας αργυρής σφαίρας και έναν τρίτο που έδειχνε την ημερομηνία. Πιθανόν να υπήρχαν και άλλοι δείκτες για τους πέντε γνωστούς στην αρχαιότητα πλανήτες (Ερμή, Αφροδίτη, Άρη, Δία, Κρόνο).



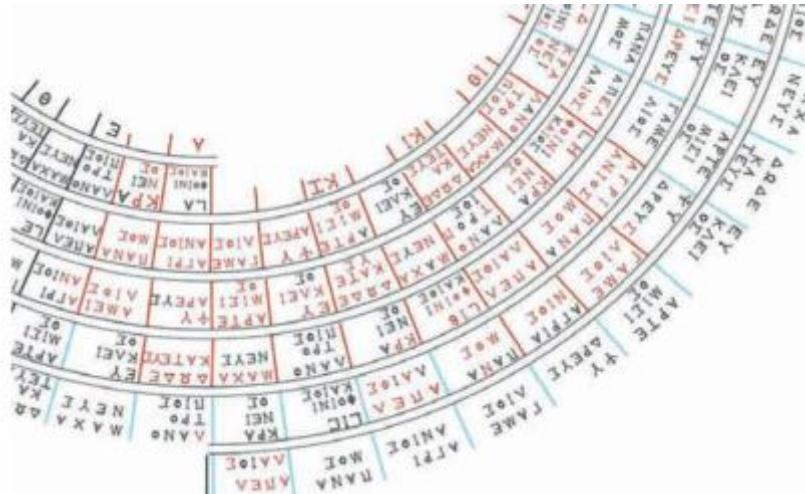
Εικόνα 17. Πρόσθια Όψη του Υπολογιστή των Αντικύθρων

Ο εξωτερικός ομόκεντρος κύκλος ήταν κινητός και είχε 12 υποδιαιρέσεις όσες και οι αιγυπτιακοί μήνες, οι οποίοι ήταν γραμμένοι με ελληνικούς χαρακτήρες. Στο εξωτερικό του κύκλου αυτού διακρίνονται οι λέξεις ΑΘΥΡ – ΤΥΒΙ - ΠΑΧΩΝ – ΦΑΩΦΙ και ΜΕΧΙΡ που είναι κάποιοι από τους μήνες. Κάτω από τον εξωτερικό κύκλο υπήρχαν 365 σπές που χρησίμευαν στο να μπορεί ο μηχανισμός να ρυθμίζεται για τα δίσεκτα έτη (Εικόνα 18). Κάθε τέσσερα χρόνια ο χειριστής μετακινούσε κατά μια θέση (οπή) την αποσπώμενη κλίμακα.



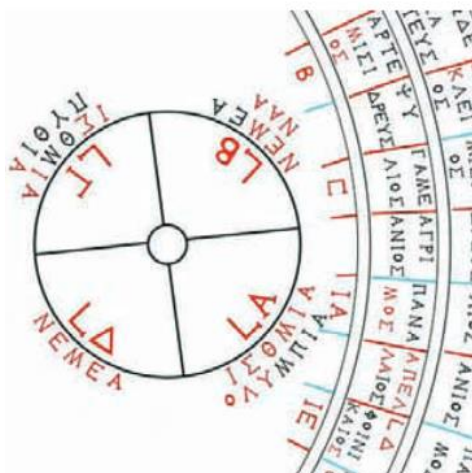
Εικόνα 18. Απεικόνιση των 365 οπών

Ο εσωτερικός ομόκεντρος κύκλος ήταν ακίνητος και υποδιαιρεμένος σε 360 μοίρες και στα δώδεκα ονόματα των ζωδιακών αστερισμών όπου διακρίθηκαν η λέξη ΧΥΛΑΙ που αναφέρεται στο ζώδιο του ζυγού, η λέξη σκορπιός και παρθένος. Στην πίσω πλευρά του υπολογιστή του Αντικυθήρων υπήρχαν δύο δείκτες. Ο ένας δείκτης έδειχνε σε ποιο μήνα της περιόδου του Μέτωνα βρισκόταν η Σελήνη (πάνω ελικοειδής σπείρα των 35 μηνών). Ο κάτω τροχός είχε μία ακίδα η οποία οδηγούσε τον πάνω τροχό εμπλεκόμενη σε μια σχισμή του. Έτσι ο πάνω τροχός εκτελούσε μια επικυκλική κίνηση, η γωνιώδης ταχύτητα του οποίου παρακολουθούσε την κίνηση της Σελήνης στον ουρανό με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Ο άλλος δείκτης ακολουθούσε την κάτω ελικοειδή σπείρα των 3 μηνών (περίοδος Σάρως). Όταν περνούσε από ένα μήνα που περιείχε εγχάρακτα σύμβολα, ο χρήστης, διαβάζοντας τα σύμβολα, αντιλαμβανόταν ότι επίκειται έκλειψη Ηλίου (Η) ή Σελήνης (Σ) την τάδε ημέρα (ΗΜ) και ώρα (ΩΡ). Στην Εικόνα 19 φαίνεται χαρακτηριστικά η συγκεκριμένη υποδιαίρεση.



Εικόνα 19. Τα αρχαία ονόματα των μηνών που είναι χαραγμένα στην πάνω κλίμακα της πίσω πλευρά του Μηχανισμού των Αντικυθήρων

Ο δείκτης της μικρής κλίμακας, η οποία βρίσκεται εντός της πάνω ελικοειδούς σπείρας, έδειχνε το έτος τέλεσης των Στεφανιτών αθλητικών αγώνων. Περιφερικά της κλίμακας έχουν διαβαστεί οι λέξεις ΟΛΥΜΠΙΑ, ΠΥΘΙΑ, ΙΣΘΜΙΑ, ΝΕΜΕΑ και ΝΑΑ, ενώ εσωτερικά, σε κάθε τεταρτημόριο, αναγράφονται τα έτη του τετραετούς ολυμπιακού κύκλου (Εικόνα 20).



Εικόνα 20. Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων χρησιμοποιείτο για τον προσδιορισμό των Στεφανιτών αθλητικών αγώνων (Ολυμπιακοί, Πύθια, Ίσθμια, Νέμεα και Νάϊα)

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων ήταν μία πολύπλοκη και μοναδική αστρονομική συσκευή. Έτσι δεν είναι περίεργο ότι συνοδευόταν και από ένα εκτεταμένο και αναλυτικό εγχειρίδιο χρήσεως (Εικόνα 21). Οι προστατευτικές πλάκες που αναφέρθηκαν παραπάνω, ήταν γεμάτες με επιγραφές. Μέχρι τώρα έχουν διαβαστεί περίπου 2500 εγχάρακτα γράμματα, όλα της ελληνικής αλφαβήτου, τα οποία βεβαίως σχηματίζουν λέξεις και προτάσεις, που αναφέρονται σε αστρονομικούς, γεωγραφικούς και τεχνικούς όρους. Το ύψος των περισσοτέρων γραμμάτων είναι μεταξύ 1.5 και 2.5 mm και είναι χαραγμένα από ένα καλλιγράφο.



Εικόνα 21. Συνολικό σχηματικό διάγραμμα της διάταξης των οδοντωτών τροχών του Μηχανισμού των Αντικυθήρων

Αξίζει να σημειωθεί η αναφορά της λέξης «ΙΣΠΑΝΙΑ», ανάμεσα στις επιγραφές, η οποία πιθανώς αποτελεί και την πρώτη γραπτή χρήση της. Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τη λέξη «ΕΣΠΕΡΙΑ» (επειδή βρίσκεται στα δυτικά της χώρας μας, προς τη διεύθυνση που δύνει ο Ήλιος - την εσπέρα), ή «ΗΒΗΡΙΑ». Η λέξη «ΙΣΠΑΝΙΑ» είναι, βέβαια, αρχαιότατη, αλλά χρησιμοποιήθηκε με επισιμότητα πρώτη φορά από τους Ρωμαίους.

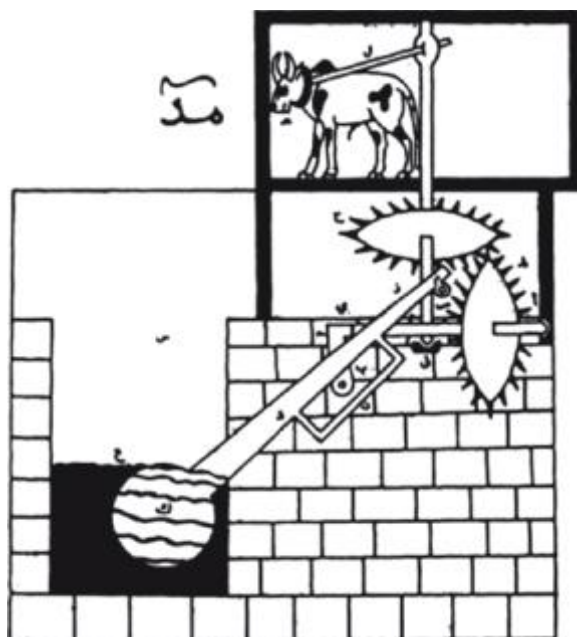
1.3. ΕΦΕΥΡΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΙΣΛΑΜΙΚΟΥ ΚΟΣΜΟΥ

Το χρονικό διάστημα από τον 5^ο ως τον 15^ο αι. στις εύφορες κοιλάδες της μεσοποταμίας, τη σκυτάλη στις εφευρέσεις ανέλαβε ο ισλαμικός κόσμος. Στον τομέα της μηχανικής, η αναγκαιότητα αξιοποίησης των νερών των ποταμών στη γεωργία έδωσε ώθηση στην επινόηση μηχανών άρδευσης (Hassan & Hill, 1986). Ωστόσο, οι ανακαλύψεις δεν περιορίστηκαν στο συγκεκριμένο ζήτημα αλλά επεκτάθηκαν και σε άλλους τομείς με κυριότερο τομέα την αστρονομία (Hassan & Hill, 1986).

Οι κυριότερες εφευρέσεις καταγράφονται στη συνέχεια του κεφαλαίου.

1.3.1. ΜΗΧΑΝΗ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ AL JAZARI

Η αξιοποίηση της δύναμης των ζώων στην άντληση των υδάτων ως αντικατάστατο της μυϊκής δύναμης σε συνδυασμό με τη μηχανική των γραναζιών, αναπαρίσταται ιδανικά στη μηχανή άντλησης των υδάτων του Al Jazari το 1203μ.Χ. (Hassan & Hill, 1986). (Εικόνα 24).

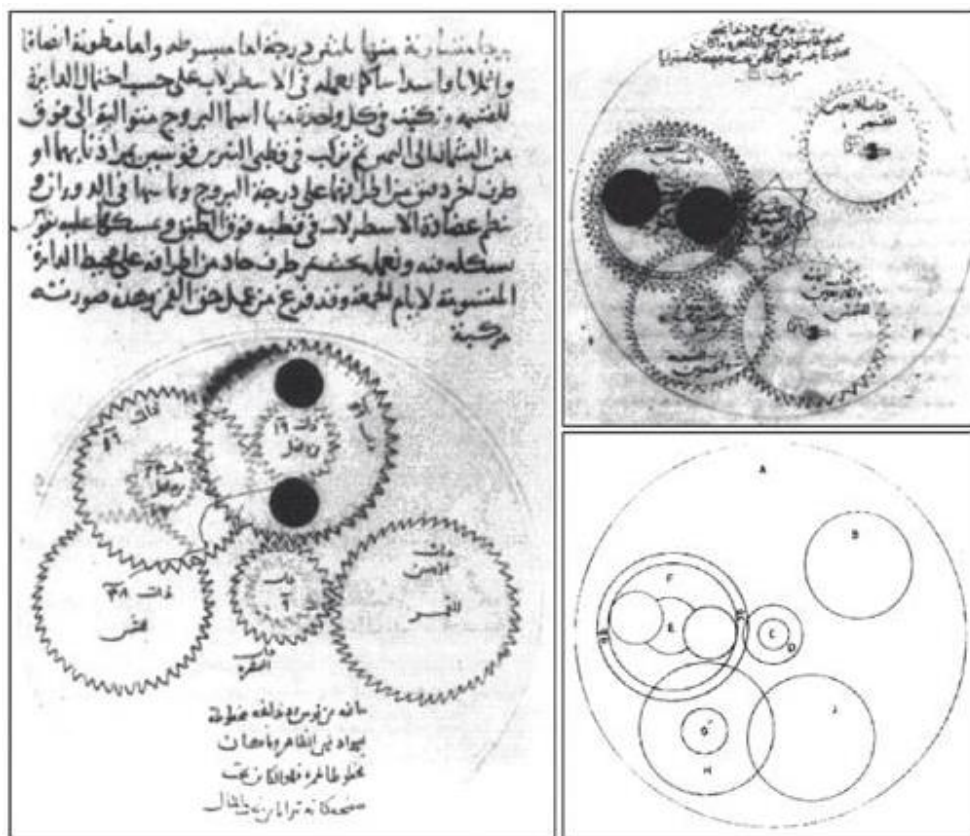


Εικόνα 22. Η μηχανή άντλησης υδάτων του Al Jazari

1.3.2. AL BIROUNI ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΥΤΙ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

Στη χρήση των γραναζιών στηρίχθηκε και ο Αλ Μπιρουνί, προκειμένου να υπολογίζονται οι φάσεις της Σελήνης καθώς και η θέση της πάντα σε συνάρτηση με τον Ήλιο και εφήυρε το κουτί της Σελήνης (Moon Box) (Hassan & Hill, 1986).. Στην αναλυτική περιγραφή που περιλαμβάνεται στο βιβλίο του (“An Elementary Treatise on the Art of Astrology”) (Balci, 2009) δηλώνεται πώς στο κουτί απεικονίζονταν και τα ζώδια, οι ημέρες της εβδομάδας καθώς και οι ώρες (Balci, 2009).

Ο μηχανισμός βασίσθηκε σε οκτώ γρανάζια που συμπλέκονταν, το καθένα από τα οποία είχε ακριβή αριθμό δοντιών, ανάλογα με τη χρήση του (Εικόνα 25).



Εικόνα 23. Το κουτί της Σελήνης

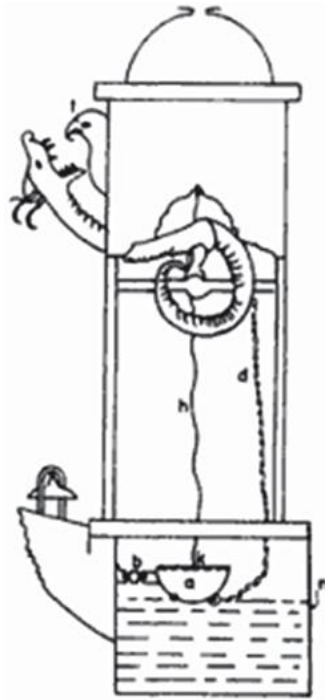
1.3.3. ΤΑ ΡΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ AL JAZARI

Ο Al Jazari, ασχολήθηκε επίσης με την κατασκευή ρολογιών για τη μέτρηση του χρόνου που χρησιμοποιήθηκαν και σαν αστρονομικά όργανα (Hassan & Hill, 1986). (Εικόνα 26).



Εικόνα 24. Ρολόι του Al Jazari

Σύμφωνα με τον D.R. Hill (1998) που ασχολήθηκε με τη μετάφραση του έργου του Al Jazari, η πολυπλοκότητα του ρολογιού απαιτούσε σχολαστική συναρμολόγηση. Ο αναλυτικός σχεδιασμός του τρόπου λειτουργίας του παρουσιάζεται στην Εικόνα 27.



Εικόνα 25. Σχέδιο του Donald R. Hill

Το κύπελλο (α) επιπλέει στην επιφάνεια του νερού μιας δεξαμενής (η), το οποίο είναι συνδεδεμένο με ένα σύνδεσμο σε διάφορες αρθρώσεις (b) στα αριστερά του. Στο πάνω μέρος του ρολογιού, υπάρχει ένα θολωτό κάστρο, το οποίο υποστηρίζεται σε τέσσερις στήλες. Μέσα στο κάστρο υπάρχει μια μπάλα διανομέας (δεν εμφανίζεται) από την οποία ένας αγωγός οδηγεί σε ένα κεφάλι πουλιού (t). Η ουρά του φιδιού, η οποία είναι στην πραγματικότητα μια τροχαλία, είναι μέρος ενός άξονα που είναι εγκατεστημένος σε έδρανα. Μια αλυσίδα (d) συνδέει την κάτω πλευρά του κύπελλου με την ουρά του φιδιού και ένα καλώδιο (h) είναι συνδεδεμένο με το κύπελλο και την μπάλα διανομέα μέσα από ένα μικρό έμβολο και μια οπή (k). Στην αρχή της περιόδου, το άδειο κύπελλο είναι στην επιφάνεια του νερού. Μια βαθμονομημένη οπή, η οποία ρυθμίζει τη ροή του νερού, βυθίζει αργά το κύπελλο μέχρι το τέλος της περιόδου, οπότε βυθίζεται απότομα. Αυτό προκαλεί το καλώδιο (h) να λειτουργήσει πάνω στη μπάλα διανομέα και μια μπάλα θα πέσει από το ράμφος του πουλιού στο στόμα του φιδιού. Το κεφάλι του φιδιού πέφτει και η αλυσίδα (d) τραβά το κύπελλο το οποίο αδειάζει το περιεχόμενό του. Η μπάλα πέφτει από το στόμα του φιδιού και χτυπά μια μικρή καμπάνα. Όταν

η διαδικασία ολοκληρώνεται το κεφάλι του φιδιού επιστρέφει στην αρχική του θέση, το κύπελλο επιστρέφει στην επιφάνεια και ο κύκλος ξεκινά πάλι. Το ρολόι συνεχίζει να λειτουργεί όσο υπάρχουν μπάλες στον διανομέα.

Πολυπλοκότερη μορφή του συγκεκριμένου ρολογιού παρουσιάζεται στην Εικόνα 28 το ρολόι οποίος έχει μια ρόδα στην κορυφή, που απεικονίζεται με τα 12 ζώδια του ζωδιακού κύκλου (Hill, 1998). Χαμηλότερα, υπάρχουν δύο μισές περιφέρειες από τις οποίες η ανώτερη σηματοδοτεί την κατάσταση του Ήλιου με τη βοήθεια μιας χρυσής σφαίρας, ενώ η κατώτερη σηματοδοτεί την κατάσταση της Σελήνης με μια γυάλινη σφαίρα.

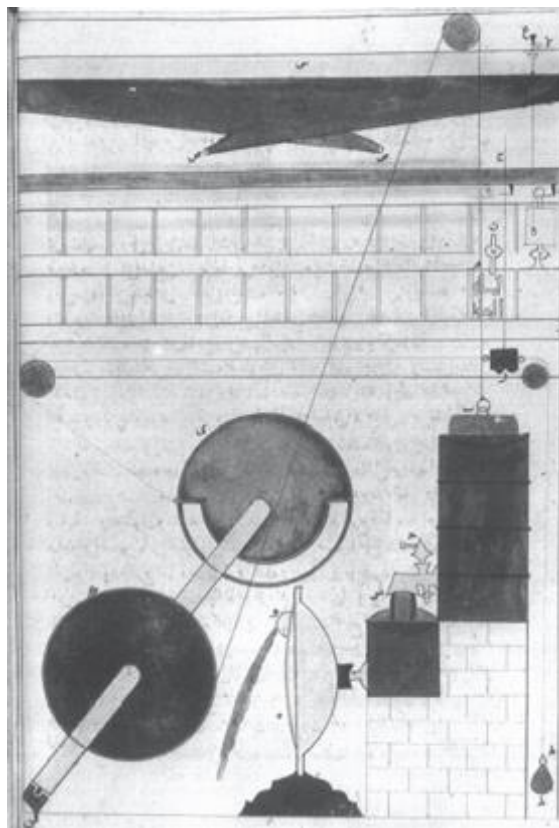


Εικόνα 26. Πολυπλοκότερη μορφή ρολογιού του Al Jazari

Η εμφάνιση μια φιγούρας σε κάθε ένα από τα δώδεκα παράθυρα σηματοδοτούσε το πέρασμα των ωρών. Η σειρά των πορτών από κάτω άλλαζε χρώμα ανάλογα αν ήταν μέρα ή νύχτα. Την ίδια χρονική στιγμή, τα δύο πουλιά που βρίσκονταν δεξιά και αριστερά κινούνταν προς τα εμπρός αφήνοντας να πέσει μια σφαίρα στα

κύπελλα που βρίσκονταν από κάτω τους, τα οποία ενεργοποιούσαν μερικά κύμβαλα. Επιπλέον κατά την έκτη, ένατη και δωδέκατη ώρα, μια συσκευή ενεργοποιούσε ένα μουσικό συγκρότημα.

Η λειτουργία του στηρίζεται σε προηγμένο σύστημα που αποτελείται στην ουσία επίσης από ένα ρυθμιστή ροής νερού, τροχαλίες, έμβολα και τροχούς (Εικόνα 29) (Hill, 1998).



Εικόνα 27. Μηχανισμός λειτουργίας του προηγμένου ρολογιού του Al Jazari

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Από τις απαρχές του 1623, όπου η τεχνολογία αναπτύσσει τεχνικές αυτοματοποίησης σε διάφορους τομείς (π.χ. ρυθμιστής ταχύτητας του Thomas Meads, ατμομηχανή των Boulton & Watt), εδώ συναντούμε και τις πρώτες προσπάθειες αξιοποίησης της μηχανικής στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων (O'Regan, 2012).

Οι Wilhelm Schickard, Blaise Pascal και Gottfried Leibniz ήταν από τους πρώτους μαθηματικούς που σχεδίασαν και κατασκεύασαν υπολογιστικές συσκευές εκτέλεσης αριθμητικών πράξεων (O'Regan, 2012).

Η πρώτη πολλαπλών χρήσεων προγραμματιστική συσκευή, η Διαφορική Μηχανή (Difference Engine), αποδίδεται στον Charles Babbage (O'Regan, 2012). Ξεκίνησε το 1832 και δεν ολοκληρώθηκε ποτέ. Το 1842 ο Babbage προχώρησε στην κατασκευή μιας πιο φιλόδοξης μηχανής, της Αναλυτικής Μηχανής (Analytic Engine) η οποία επίσης μερικώς ολοκληρώθηκε. Στη συνέχεια, αναγνωρίζοντας μαζί με την Ada Lovelace την αξία των διαφόρων προγραμματιστικών τεχνικών (π.χ. επαναληπτικούς βρόγχους-loops) κατασκεύασε την πρώτη μηχανή της επιστήμης των υπολογιστών (O'Regan, 2012).

Σημαντικός σταθμός στην ιστορία των υπολογιστών είναι και ο μηχανικός υπολογιστής που αξιοποιούσε εξοπλισμό διάτρητων καρτών (punch-card) από τον H. Hollerith (O'Regan, 2012). Χρησιμοποιήθηκε από την Υπηρεσία Απογραφής των ΗΠΑ για την απογραφή του 1890.

Ακολούθως, περιγράφονται οι κύριες εφευρέσεις που οδήγησαν όχι μόνο στη μηχανική κατασκευή των υπολογιστών αλλά και στην προώθηση της προγραμματιστικής σκέψης, όπως στην περίπτωση της Ada Lovelace η οποία έγραψε τον πρώτο αλγόριθμο που αξιοποιήθηκε στην αναλυτική μηχανή του Babbage και προς τιμήν της, μία από τις γλώσσες προγραμματισμού πήρε το όνομά της (ADA).

2.1. ΚΟΚΚΑΛΑ ΤΟΥ NAPIER

Ο Napier ήταν αυτός που εισήγαγε την έννοια των λογαρίθμων ως μέσο για την απλοποίηση των υπολογισμών (O'Regan, 2012). Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιούσε πολύπλοκους πίνακες με αποτέλεσμα η διαδικασία να ήταν χρονοβόρα, κουραστική και οδηγούσε συχνά σε λανθασμένο αποτέλεσμα.

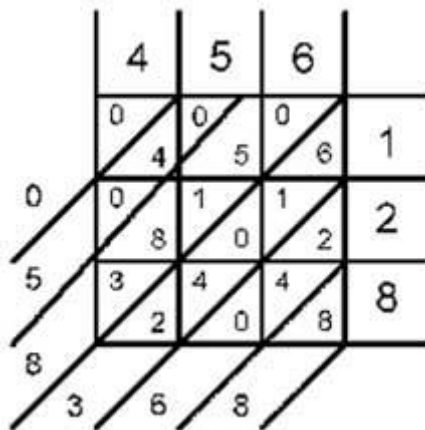
Στο βιβλίο του «Rabdologiae seu Numerationis per Virgulas libri duo» (1617) περιλαμβάνονται οι μηχανικές μέθοδοι που ανακάλυψε για την απλούστευση και επιτάχυνση του πολλαπλασιασμού, τα Κόκαλα του Νάπιερ. Ο τίτλος του έργου του προέρχεται από τις Ελληνικές λέξεις ράβδος και λόγος (Εικόνα 30).



Εικόνα 28. Το βιβλίο του Napier

Η εφεύρεσή του, στηρίχτηκε σε μία δημοφιλή για την εποχή του μέθοδο πολλαπλασιασμού, προερχόμενη πιθανότατα από Ινδούς μαθηματικούς η οποία περιγραφόταν σε ικανό αριθμό βιβλίων της εποχής όπως του Ιταλού μαθηματικού Racciolì, το 1496.

Η λειτουργία του αφορά στη δημιουργία ενός πλέγματος ίσων τετραγώνων που διαιρούνται σε τμήματα από παράλληλες διαγώνιες. Ο αριθμός των τετραγώνων είναι ανάλογος των ψηφίων των αριθμών που θέλουμε να πολλαπλασιάσουμε. Στην Εικόνα 31, περιγράφεται η διαδικασία του πολλαπλασιασμού δύο τριψήφιων αριθμών (άρα το πλέγμα εμπεριέχει σύνολο τετραγώνων ίσο με 3×3). Οι αριθμοί αναγράφονται στην άνω και δεξιά πλευρά του ολικού τετράγωνου σχήματος του πλέγματος που σχηματίζεται. Στα επιμέρους τρίγωνα σχήματα που σχηματίζονται από τις διαγώνιους που των τετραγώνων, υπολογίζονται τα επιμέρους γινόμενα και στο τέλος το συνολικό άθροισμα προκύπτει από την πρόσθεση των αριθμών των τριγώνων με φορά από τα αριστερά προς τα δεξιά ανά γραμμή. Στην επόμενη γραμμή προστίθεται και το κρατούμενο στο συνολικό του άθροισμα όταν αυτό υπάρχει.



Εικόνα 29. Μέθοδος πολλαπλασιασμού που αξιοποίησε ο Napier

Ο Napier, βελτίωσε τη μέθοδο αυτή (Εικόνα 32). Κατασκεύασε δέκα ξύλινες τετράπλευρες ράβδους, αριθμημένες από το 0 έως το 9. Κάθε μια ράβδος χωριζόταν σε εννιά διαστήματα και είχε τα εννιά πολλαπλάσια του αριθμού. Κάθε διάστημα ήταν χωρισμένο με μια διαγώνιο, ακριβώς όπως η προηγούμενη μέθοδος.

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2		2	4	6	8	1	1	1	1
3		3	6	9	2	1	2	2	2
4		4	8	2	6	2	2	3	3
5		5	1	1	2	3	3	4	4
6		6	2	1	2	3	4	4	5
7		7	4	2	3	4	4	5	6
8		8	6	4	4	4	5	6	7
9		9	8	7	5	5	6	7	8

Εικόνα 30. Βελτιωμένη μέθοδος πολλαπλασιασμού του Napier

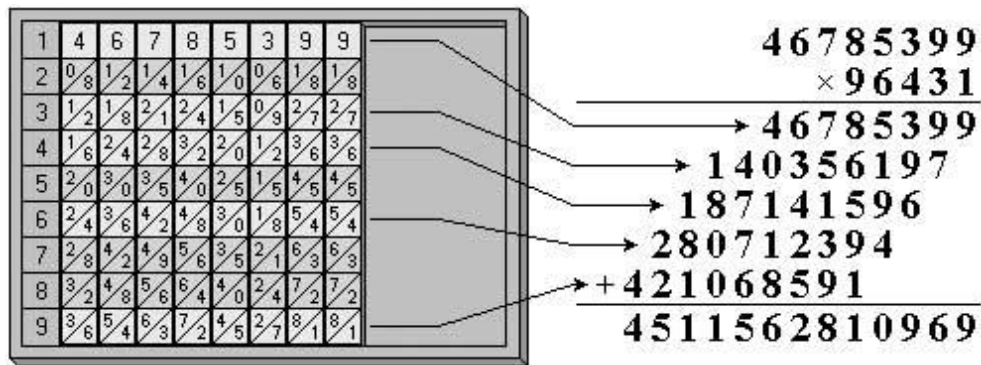
Για παράδειγμα, στην περίπτωση του υπολογισμού του πολλαπλασιασμού του 3105 επί τον αριθμό 6 επιλέγουμε τις ράβδους που αντιστοιχούν στα ψηφία και τις τοποθετούμε τη μία δίπλα στην άλλη καθώς και την 6^η σειρά (Εικόνα 33). Γράφουμε τον πρώτο αριθμό, το 0 και προσθέτουμε τις δεκάδες τους (το 3) με τις μονάδες της επόμενης στήλης και γράφουμε το αποτέλεσμα. Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία (πρόσθεση δεκάδων με μονάδες επόμενης στήλης) μέχρι να καταγράψουμε όλες τις στήλες. Το αποτέλεσμα είναι το 18630.

				Row number
3	1	0	5	1
0/6	0/2	0/0	1/0	2
0/9	0/3	0/0	1/5	3
1/2	0/4	0/0	2/0	4
1/5	0/5	0/0	2/5	5
1/8	0/6	0/0	3/0	6 ←
2/1	0/7	0/0	3/5	7
2/4	0/8	0/0	4/0	8
2/7	0/9	0/0	4/5	9

Εικόνα 31: Πολλαπλασιασμός με τα κόκαλα του Napier

Για να καλυφθεί η περίπτωση που ένας αριθμός εμπεριέχει δύο ή περισσότερα ίδια ψηφία και κάποια ράβδος πρέπει να χρησιμοποιηθεί περισσότερες φορές από μία, ο Napier πρότεινε να έχουν οι ράβδοι τη μορφή παρελληλεπιπέδου, και να αναγράφονται περισσότεροι αριθμοί στις πλευρές του.

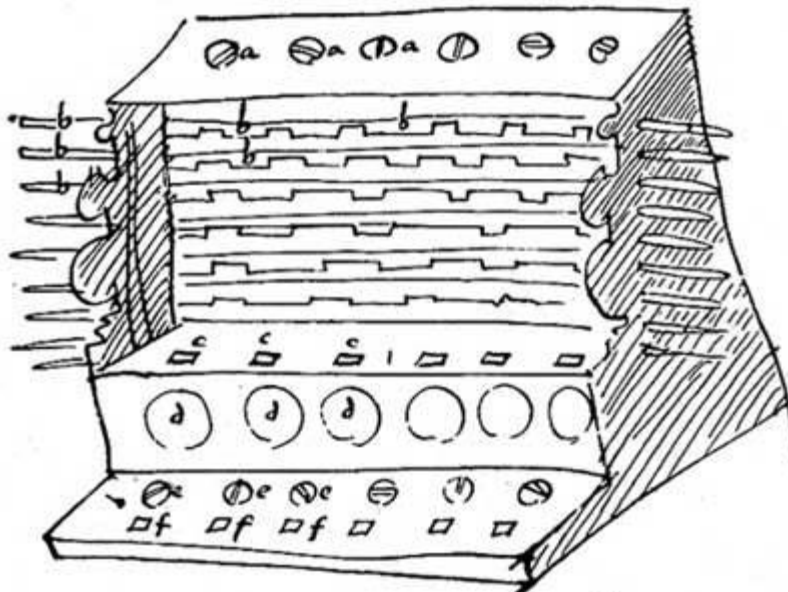
Στην ακόλουθη Εικόνα 34, αναπαρίσταται ένας πολλαπλασιασμός πολυψήφιου με πολυψήφιο αριθμό (46785399 x 96431). Η μέθοδος χρησιμοποιείται τόσες φορές όσα και τα ψηφία 96431 με ενδιάμεση διαδοχική πρόσθεση των επιμέρους υπολογισμών των γινομένων.



Εικόνα 32: Πολλαπλασιασμός πολυψήφιου επί πολυψήφιο

2.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΡΟΛΟΪ ΤΟΥ W. SCHICKARD

Ο Γερμανός μαθηματικός και αστρονόμος W. Schickard, σχεδίασε την πρώτη μηχανή για υπολογισμούς (Εικόνα 35) (O'Regan, 2012). Η περιγραφή της διασώθηκε μέσα από δύο επιστολές του Schickard προς τον Kepler (O'Regan, 2012).



Εικόνα 33: Σκίτσο της μηχανής του Schickard (Württembergischen Landesbibliothek in Stuttgart)

Χαρακτηριστικά ο Schickard ανέφερε πως εφήυρε έναν τρόπο για τη μηχανική εκτέλεση υπολογισμών που ως πρότεινος γίνονταν με το χέρι. Το σχήμα της μηχανής παρουσιάζεται από τον ίδιο τον Schickard (Εικόνα 36). Από την ανάλυση της λειτουργίας του, το aaa είναι οι άνω επιφάνειες των κάθετων κυλίνδρων των οποίων οι πλευρικές τους επιφάνειες είναι γραμμένες με πίνακες πολλαπλασιασμού. Τους αριθμούς των πινάκων μπορούμε να τους δούμε από τα παράθυρα bbb της πλάκας ολίσθησης. Από την εσωτερική πλευρά της μηχανής στους δίσκους ddd επισυνάπτονται ρόδες με δέκα γρανάζια και κάθε τροχός ήταν συνδεδεμένος με ένα παρόμοιο τροχό, με ένα τέτοιο τρόπο έτσι ώστε δέκα περιστροφές ενός δεξιού τροχού να οδηγήσουν σε μια περιστροφή του αριστερού τροχού. Προκειμένου οι περιστροφές των τροχών να είναι προς την ίδια κατεύθυνση είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενδιάμεσων τροχών

Τα ψηφία που είναι χαραγμένα σε κάθε τροχό, μπορούμε να τα δούμε από τα παράθυρα ccc της μεσαίας τράπεζας. Στο κάτω μέρος της κάτω τράπεζας είναι τοποθετημένες περιστρεφόμενες κεφαλές eee που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των αριθμών που είναι αποτέλεσμα των υπολογισμών και τα ψηφία τους μπορούν να εξεταστούν από τα παράθυρα fff.

2.3. ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ B. PASCAL

Στις 22 Μαΐου 1649 απονέμεται στον Pascal, από τον Λουδοβίκο XIV της Γαλλίας, δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την υπολογιστική του μηχανή (Εικόνα 38) (O'Regan, 2012). Σύμφωνα με αυτό το έγγραφο απαγορευόταν η αντιγραφή της μηχανής και η πώλησή της από αλλοδαπούς, τονίζοντας έτσι την σημαντικότητα της κατασκευής αυτής.

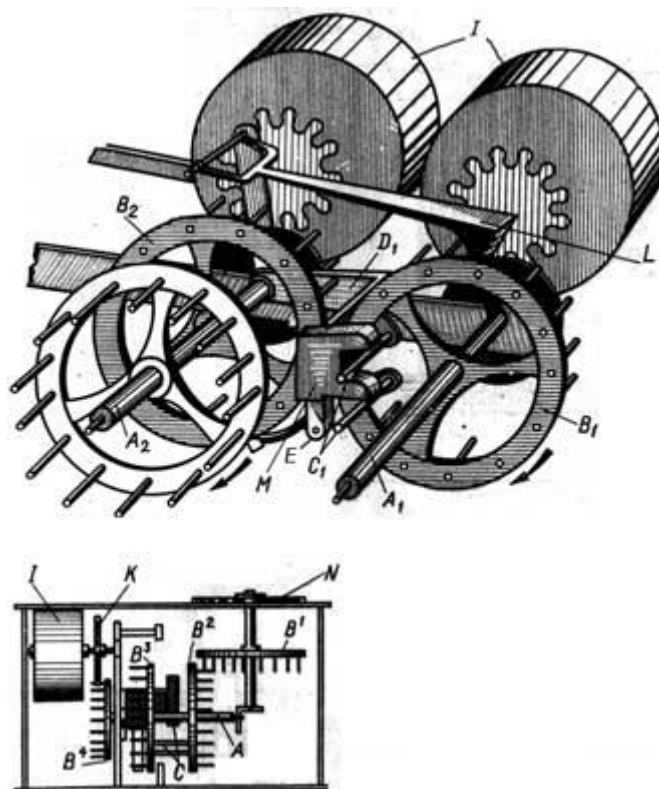


Εικόνα 36. Η μηχανή του Pascal

Κατά τον Pascal, η μηχανή ήταν εξαιρετικά αξιόπιστη και επιδείκνυε αντοχή σε κραδασμούς το οποίο και απέδειξε μεταφέροντας την από τη Ρουέν στο Κλερμόν και πίσω (O'Regan, 2012). Ωστόσο, προκειμένου, οι υπολογισμοί να εκτελούνται κανονικά, έπρεπε να τοποθετείται σε οριζόντια θέση.

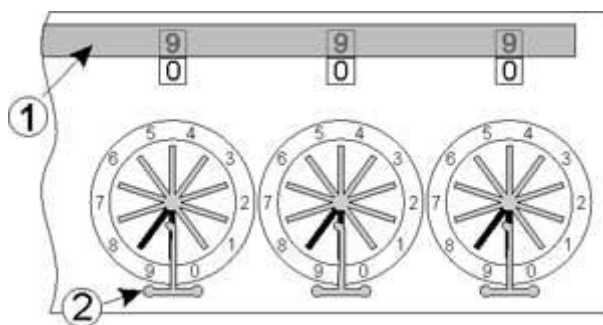
Η λειτουργία της στηριζόταν σε λείους τροχούς εισόδου με μικρά ανοίγματα στην περιφέρεια (Εικόνα 39) (O'Regan, 2012). Οι τροχοί-μετρητές στην περιφέρειά τους είχαν ακίδες. Η κίνηση μεταφέρονταν από τον τον τροχό εισαγωγής (N) στον μετρητή, ο οποίος αποτελείται από τέσσερις τροχούς κορώνες B1, B2, B3 και B4 το μηχανισμό του κρατούμενου (c) το γρανάζι (K) και το ψηφιακό τύμπανο (I) τα ψηφία

του οποίου μπορεί να τα δει κάποιος από τα παράθυρα που υπήρχαν στο καπάκι. Οι τροχοί της μηχανής περιστρέφονταν μόνο προς μια κατεύθυνση με αποτέλεσμα η μηχανή να μπορεί να εκτελέσει μόνο προσθέσεις. Η αφαίρεση γινόταν με τη βοήθεια του συμπληρώματος ως προς 9. Αυτή η δυσκολία θα μπορούσε να ξεπεραστεί με την προσθήκη ενός επιπλέον γριναζιού, όμως ο Pascal και οι μετέπειτα εφευρέτες δεν θέλησαν να κάνουν πιο περίπλοκη τη μηχανή.



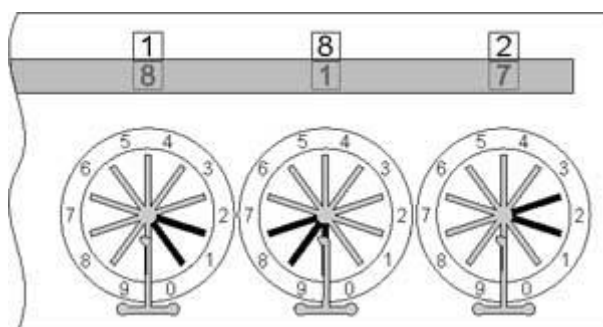
Εικόνα 37. Δομή της λειτουργίας της μηχανής του Pascal

Στην επιφάνεια των κυλίνδρων υπάρχουν χαραγμένες δύο σειρές ψηφίων, με συμπληρωματικά ως προς το 9 ζευγάρια. Στο καπάκι υπήρχε μία πλάκα που μπορούσε να μετακινηθεί στον κάθετο άξονα και με τη βοήθεια αυτής οι αριθμοί στην πάνω σειρά των ψηφίων εμφάνιζαν το αποτέλεσμα της πρόσθεσης και στην κάτω σειρά το αποτέλεσμα της αφαίρεσης. Σημαντική αρχή ο μηδενισμός πριν την έναρξη λειτουργίας της μηχανής που επιτυγχάνονταν με κατάλληλη περιστροφή των ακτίνων εισόδου ώστε να εμφανίζεται το μηδέν σε κάθε κάτω θέση (Εικόνα 40).



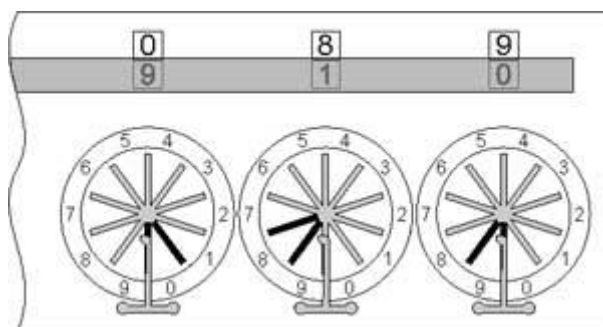
Εικόνα 38. Μηδενισμός μηχανής Pascal

Η πρόσθεση, πραγματοποιούνταν με την διαδοχική εισαγωγή των ψηφίων στις θέσεις των μονάδων και των δεκάδων αντίστοιχα. Η αφαίρεση εμφανίζονταν πιο πολύπλοκη. Αρχικά εισάγονταν ο αριθμός 182, για παράδειγμα στον αλγόριθμο της αφαίρεσης 182-93, ως συμπλήρωμα του 999 (επομένως 817). Στο εικονίδιο-οθόνη εμφανιζόταν το αποτέλεσμα της αφαίρεσης $999-817 = 182$ (Εικόνα 41).



Εικόνα 39. Πρώτο βήμα αφαίρεσης

Στη συνέχεια, εισάγονταν το 93 κανονικά και κατά τη διάρκεια της περιστροφής των τροχών επιστρέφονταν απευθείας το αποτέλεσμα που προέκυπτε από την εισαγωγή του κάθε ψηφίου με το κρατούμενο εφόσον αυτό υπήρχε (Εικόνα 42).



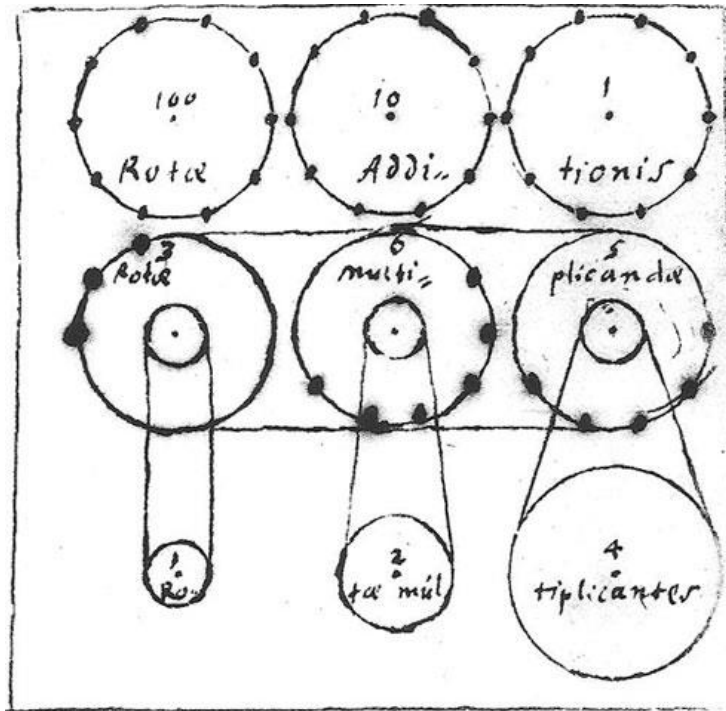
Εικόνα 40. Τελικό αποτέλεσμα αφαίρεσης

2.4. ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ G. LEIBNIZ

Ο Leibniz εμπνεύστηκε τη μηχανή του πιθανότατα από ένα βηματόμετρο και την σχεδίασε ύστερα από πρόσβαση που απέκτησε σε αδημοσίευτα έργα του Pascal και του Cartesius (Davis, 2007).

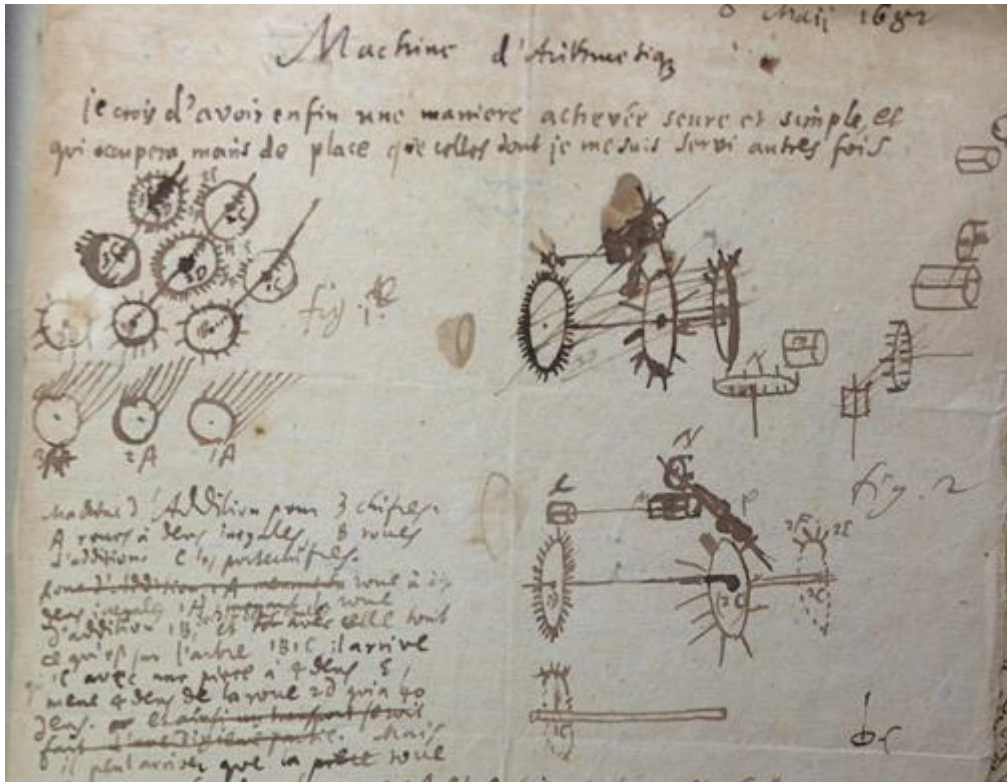
Ο αρχικός σχεδιασμός προσιδίαζε στη μηχανή του Pascal. Ωστόσο, σύντομα διερευνώντας τη δυνατότητα εκτέλεσης πολλαπλασιασμού και διαίρεσης, κατανόησε την αναγκαιότητα σχεδιασμού νέας μηχανής, του βηματικού τύμπανου (Davis, 2007).

Στα πρώτα σχέδια του Leibniz (Εικόνα 43) (Davis, 2007) περιγράφεται ένας μηχανισμός εισόδου του πολλαπλασιαστή, στους κατώτερους κύκλους, τους *Rota multiplicantes*. Οι μεσαίοι κύκλοι περιγράφουν τον μηχανισμό εκτέλεσης του πολλαπλασιασμού (*rota multiplicanda*) όπου εισάγεται και ο πολλαπλασιαστέος. Οι ανώτεροι κύκλοι, οι *rota additionis*, εμφανίζουν στην ουσία το αποτέλεσμα. Η κίνηση από τους τροχούς εισόδου στους τροχούς υπολογισμού γίνεται μέσω αλυσίδων. Ακόμα ο μηχανισμός υπολογισμού βασίζεται σε τροχούς (*pin wheels*) και όχι στο βηματικό τύμπανο.



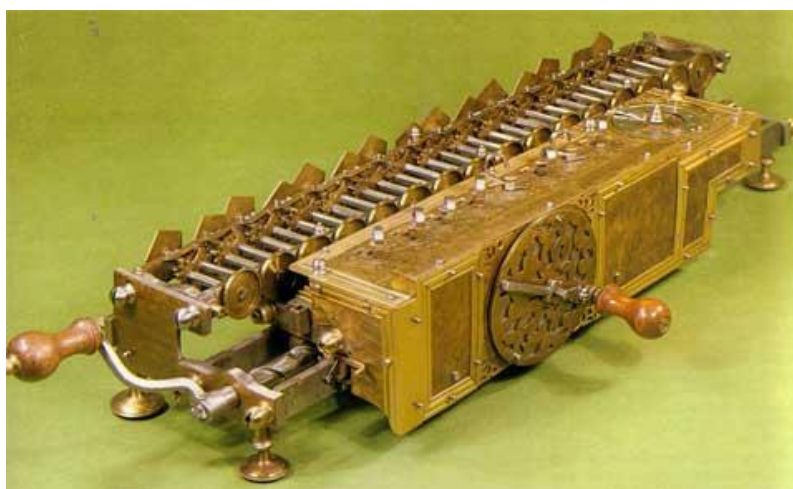
Εικόνα 41: Πρώτα σχέδια του Leibniz

Η παρουσίαση των δύο πρώτων ξύλινων πρωτότυπων το 1673, θα γίνει ενώπιον της Γαλλικής Ακαδημίας και του Γάλλου Υπουργού Οικονομικών και στη συνέχεια στη Βασιλική Εταιρεία της Αγγλίας (Davis, 2007). Παρόλο που τα σχόλια υπήρξαν θετικά, ο Leibniz διαπίστωσε κακοτεχνίες που αποτύπωσε στα χειρόγραφα του (Εικόνα 45).



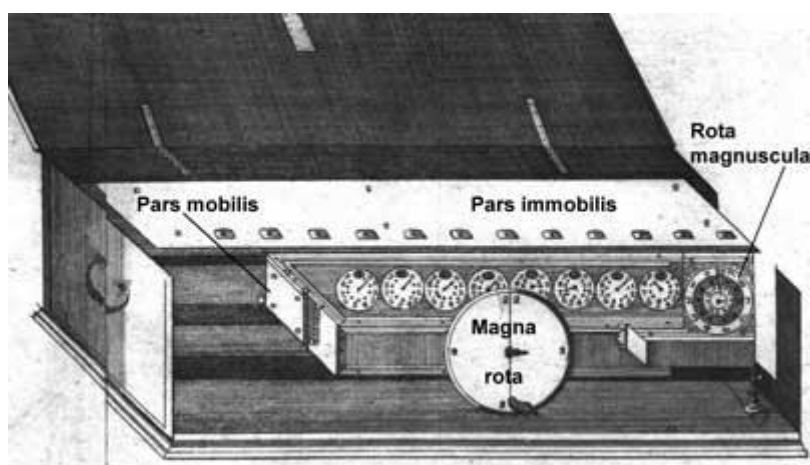
Εικόνα 42: Χειρόγραφο του Leibnitz με τις παρατηρούμενες κακοτεχνίες

Στην επίλυση των ζητημάτων αυτών, ο Leibnitz προσέλαβε για βοηθό έναν ωρολογοποιό και το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία βελτιωμένης έκδοσης σε μεταλλικό πρωτότυπο, το 1685 (Εικόνα 46) (Davis, 2007).



Εικόνα 43: Αντίγραφο της μηχανής του Leibnitz

Η τελική κατάληξη στο επίτευγμά του έγινε αργότερα με τη συμπερίληψη στη μηχανή του βηματικού τυμπάνου (Εικόνα 47) (Davis, 2007). Η μηχανή χωριζόταν σε δύο τμήματα. Το πάνω μέρος ήταν ακίνητο και ονομαζόταν Pars Immobilis. Το κάτω μέρος ήταν κινούμενο και ονομαζόταν Pars Mobilis.



Εικόνα 44. Η μηχανή του Leibniz

Το βηματικό τύμπανο (S) συνδεόταν με έναν με έναν τετράπλευρο άξονα (M) ο οποίος στην άκρη του έχει μια σειρά από δόντια. Αυτή η σειρά εμπλέκονταν με ένα γρανάζι (E), που συνδέονταν με το δίσκο εισόδου (D), στην επιφάνεια του οποίου είναι γραμμένα τα ψηφία από 0 έως 9. Με την περιστροφή του δίσκου εισόδου, ο τροχός F παίρνει αντίστοιχη γωνία και περιστρέφει αντίστοιχα και τον δίσκο R του οποίου τα ψηφία είναι δυνατό να ιδωθούν από παράθυρο στο καπάκι.

Για να πραγματοποιηθεί η πρόσθεση, έπρεπε αρχικά να μηδενιστεί η μηχανή. Ο πρώτος προσθετέος εισαγόταν με ειδικό μηχανισμό και εμφανιζόταν στα παράθυρα του αποτελέσματος. Εισάγοντας το δεύτερο προσθετέο με τη βοήθεια των τροχών εισόδου του τμήματος Pars mobilis και περιστρέφοντας τη χειρολαβή (Magna rota) μια φορά παρουσιαζόταν το αποτέλεσμα από τα αντίστοιχα παράθυρα. Η αφαίρεση γίνεται με παρόμοιο τρόπο αλλά θα πρέπει να διαβάζονται οι κόκκινοι αριθμοί και όχι οι μαύροι της πρόσθεσης. Σχετικά με τον πολλαπλασιασμό, ακολουθούσαν

παρόμοια διαδικασία. Ο πολλαπλασιαστέος εισαγόταν με τους τροχούς εισόδου Pars mobilis. Στη συνέχεια περιστρέφονταν τη χειρολαβή (Magna rota) τόσες φορές όσα και τα ψηφία του πολλαπλασιαστή. Για κάθε ένα ψηφίο του πολλαπλασιαστή έπρεπε να μετατοπίζεται η Pars mobilis αριστερά με τη βοήθεια ενός στρόφαλου. Η διαίρεση γινόταν με παρόμοιο τρόπο.

2.5. ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΔΙΑΤΡΗΤΟ ΧΑΡΤΙ

Το 1725 ο Basile Bouchon εργαζόταν σε ένα κέντρο μεταξιού στην Λυών της Γαλλίας όταν εφευρίσκει έναν τρόπο να ελέγξει έναν αργαλειό με διάτρητη ταινία. Σε αυτή του την κατασκευή τον βοήθησε η γνώση που είχε αποκτήσει από τον πατέρα του, ο οποίος ήταν κατασκευαστής μουσικών οργάνων (Usher, 1988). Έτσι γνώριζε, ότι το περιεχόμενο των μουσικών πληροφοριών πριν χαραχτεί πάνω σε κυλίνδρους για να τοποθετηθεί στις λατέρνες, σχεδιαζόταν σε χαρτί.

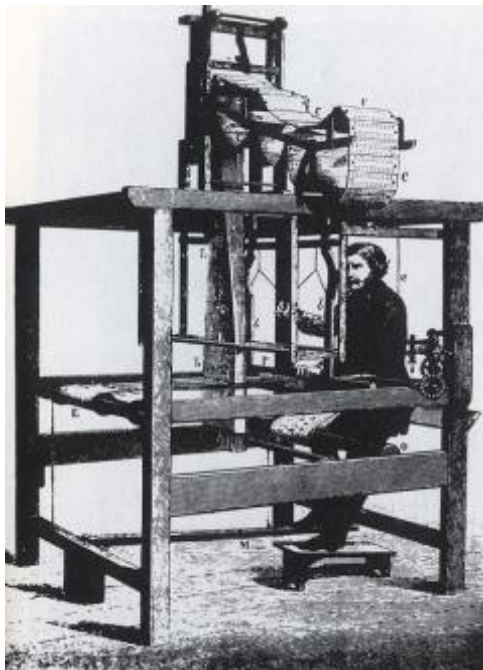
Με τον τρόπο αυτό ο Bouchon τρύπησε σε ένα χαρτί το σχέδιο που ήθελε και στη συνέχεια το τύλιξε σε έναν κύλινδρο (Usher, 1988). Ο κύλινδρος αυτός προσαρτήθηκε σε έναν αργαλειό και όταν ξεκινούσε η μηχανική λειτουργία του, οι οπές στο χαρτί διαβάζονταν από μια σειρά από γάντζους οι οποίοι επέλεγαν (ανάλογα με το αν υπήρχε ή όχι οπή) το νήμα που θα χρησιμοποιούσαν στην ύφανση.

Με τη μηχανή του Bouchon έχουμε την πρώτη χρήση διάτρητου χαρτιού για τον έλεγχο μιας μηχανής (Εικόνα 47) (Usher, 1988).



Εικόνα 45. Μηχανή του Bouchon

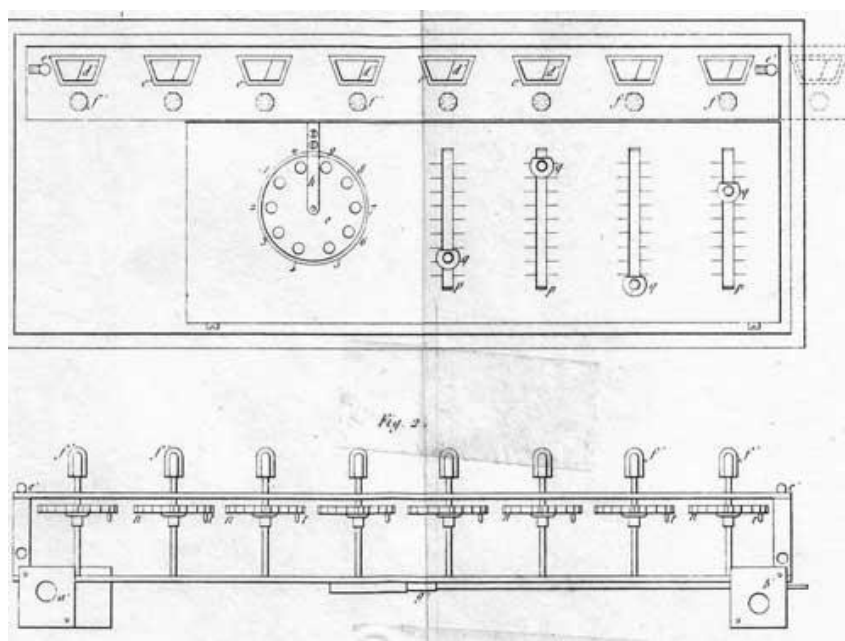
Αργότερα η εφεύρεση του Bouchon εξελίχθηκε και βελτιώθηκε από πολλούς όπως ο Falcon, Vaucanson και τέλος από τον Jacquard, το 1804 (Εικόνα 48) (Usher, 1988).



Εικόνα 46. Ο αργαλειός του Jacquard

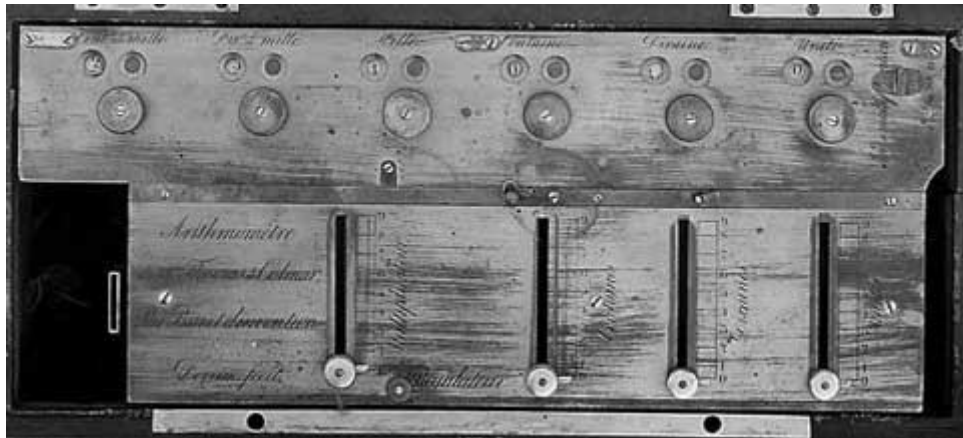
2.6. ΤΟ ΑΡΙΘΜΟΜΕΤΡΟ ΤΟΥ ΤΗ. COLMAR

Η συμβολή του Th. Colmar (Charles Xavier Thomas of Colmar) στην εξέλιξη των υπολογιστών με το αριθμόμετρό του, αναγνωρίστηκε με απονομή διπλώματος ευρεσιτεχνίας το 1822 από τη Société d'encouragement pour l'industrie national (Johhson, 1997). Το βασικό σχέδιο βασιζόταν στο βηματικό τύμπανο του Leibniz και παρουσιάζεται στην Εικόνα 49) .

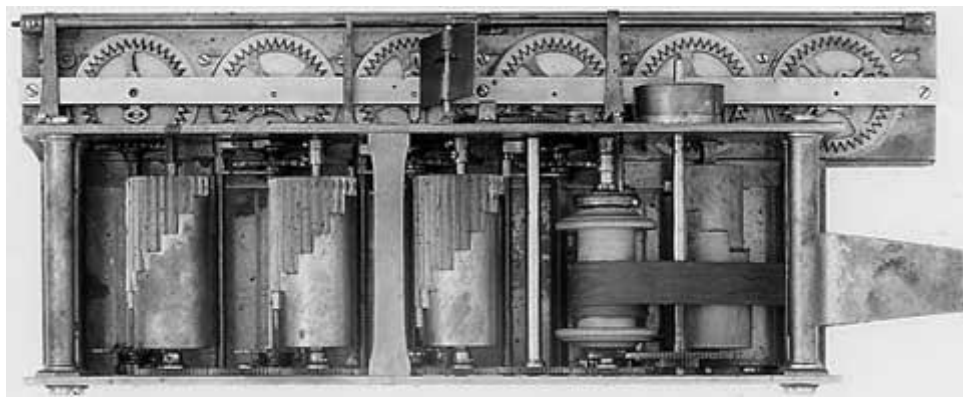


Εικόνα 47. Σχέδιο του αριθμόμετρου

Το πρώτο αντίγραφο όμως της μηχανής του ήταν έτοιμο το 1821 και έτσι το 1822 ξεκίνησε η παραγωγή αριθμομηχανών. Μέχρι το 1878 είχαν κατασκευαστεί περίπου 1500 αριθμόμετρα (Εικόνες 50 και 51) (Johhson, 1997).



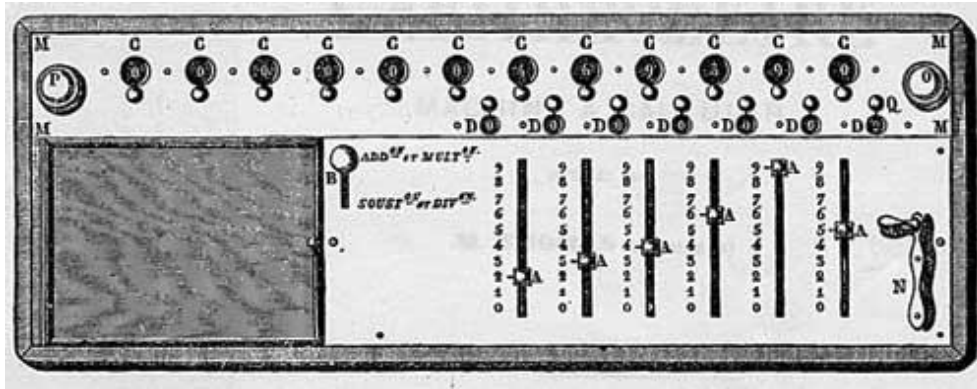
Εικόνα 48. Μπροστινή όψη αριθμόμετρου



Εικόνα 49. Εσωτερική όψη αριθμόμετρου

Αρχικά, ο Colmar σχεδίασε μία μηχανή που είχε κορδέλα αντί στρόφαλου και ένα δεύτερο σύνολο από οθόνες αποτελέσματος όπου μπορούσε κάποιος να διαβάσει το αποτέλεσμα της αφαίρεσης και της διαίρεσης (Johhson, 1997). Επίσης, γρανάζι πολλαπλασιασμού επέτρεπε την εκτέλεση του πολλαπλασιασμού με ένα τράβηγμα και όχι με συνεχείς μετακινήσεις όπως συνέβαινε στη μηχανή του Leibniz. Το αριθμόμετρο είχε χωρητικότητα 3 ψηφίων στην είσοδο και 6 ψηφίων στην έξοδο.

Στα επόμενα χρόνια, ο Colmar, βελτίωσε το αριθμόμετρο (Εικόνα 52) (Johhson, 1997). Η μηχανή χωριζόταν σε δύο μέρη: (α) ένα σταθερό τμήμα με μία σειρά από ολισθητές προκειμένου να διενεργείται η εισαγωγή των αριθμών και (β) ένα κινούμενο που αξιοποιούνταν στην εμφάνιση των αποτελεσμάτων. Με τη χρήση του βηματικού κυλίνδρου, ο αριθμός που εισάγονταν μεταφέρονταν μηχανικά στους επιλογείς αποτελέσματος.



Εικόνα 50. Το αριθμόμετρο του 1865

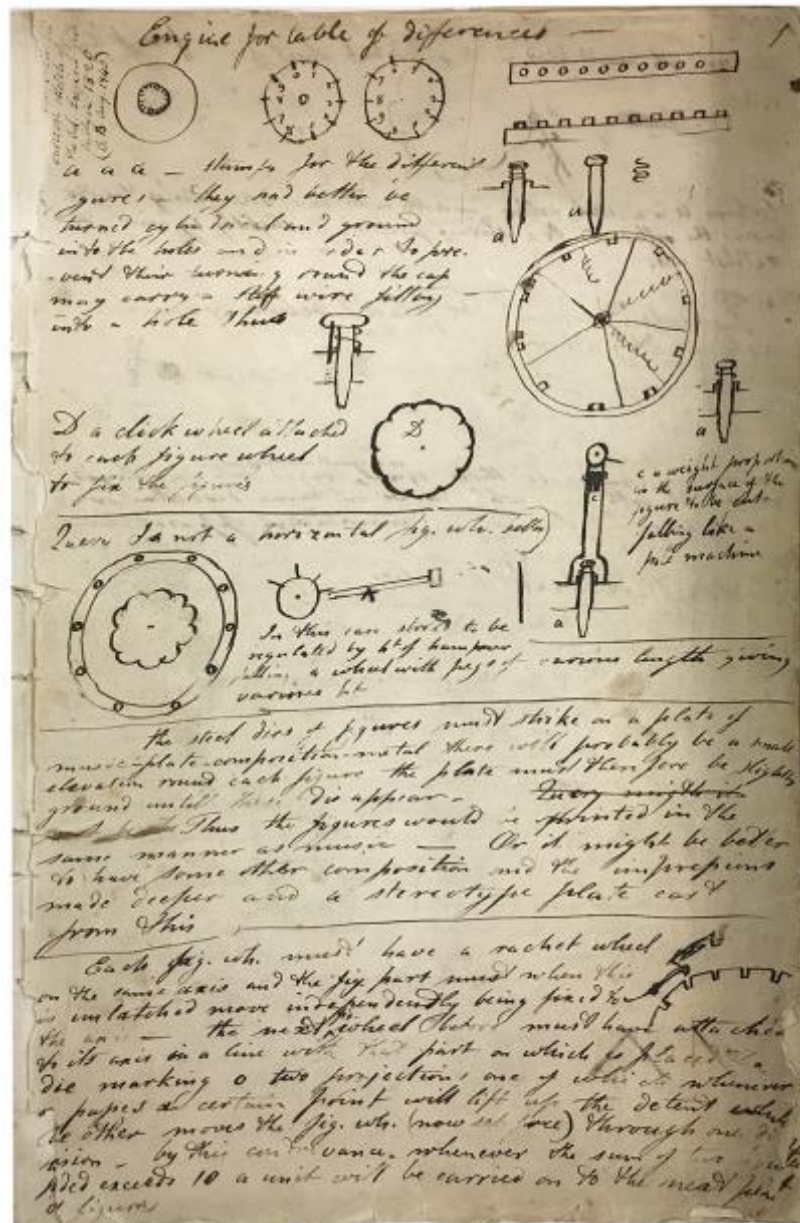
2.7. Η ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ Η ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ CH. BABBAGE

Η ιδέα της υλοποίησης μίας υπολογιστικής μηχανής, δημιουργήθηκε στον Charles Babbage περίπου το 1820-21 όταν του ανατέθηκε η βελτίωση των πινακών ναυσιπλοΐας του Ναυτικού Ημερολογίου, από την Royal Astronomical Society της Αγγλίας (Rojas & Hashagen, 2000).

Ο Babbage ολοκλήρωσε το έργο αλλά η εμπλοκή διενεργήθηκε σε άλλο επίπεδο, στο επίπεδο των αριθμητικών υπολογισμών (Rojas & Hashagen, 2000). Προκειμένου να μειωθούν τα σφάλματα στις εκτελέσεις των πράξεων, η κάθε αριθμητική πράξη εκτελούνταν εις διπλούν από διαφορετικούς υπαλλήλους. Το αποτέλεσμα ήταν τραγικό με τον ίδιο τον Babbage να εύχεται στο Θεό οι υπολογισμοί να είχαν εκτελεστεί «από τον ατμό». Έτσι, την ίδια χρονιά ξεκίνησε τα σχέδιά του για την υλοποίηση της υπολογιστικής μηχανής του, με σκοπό να παρέχεται η δυνατότητα εκτύπωσης του αποτελέσματος σε χαρτί. Οι πρώτες του σημειώσεις αναδεικνύουν ότι ενώ αρχικά επέλεξε, λανθασμένα, συρόμενες ράβδους στην εκτέλεση του μηχανισμού της πρόσθεσης, στη συνέχεια υιοθέτησε την κυκλική κίνηση και τους τροχούς (Εικόνα 53) (Rojas & Hashagen, 2000).

Το πρώτο του μοντέλο είχε ένα τμήμα μηχανικού υπολογισμού, αλλά δεν είχε τμήμα εκτύπωσης (Rojas & Hashagen, 2000). Μπορούσε να υπολογίζει τις πρώτες 30 τιμές από την εξίσωση x^2+x+41 , μια ιδιαίτερα προτιμητέα εξίσωση γιατί παράγει πολλούς πρώτους αριθμούς. Η μηχανή μπορούσε να παράγει τα

αποτελέσματα με μια ταχύτητα 33 ψηφίων το λεπτό με αποτέλεσμα οι 30 τιμές να ολοκληρώνονται σε 2,5 λεπτά. Η μηχανή αυτή ονομάστηκε από τον Babbage ως Διαφορική Μηχανή (Difference Engine), επειδή μπορούσε να υπολογίζει πίνακες αποτελεσμάτων εξισώσεων με τη μέθοδο των διαφορών.



Εικόνα 51. Σημειώσεις του Babbage

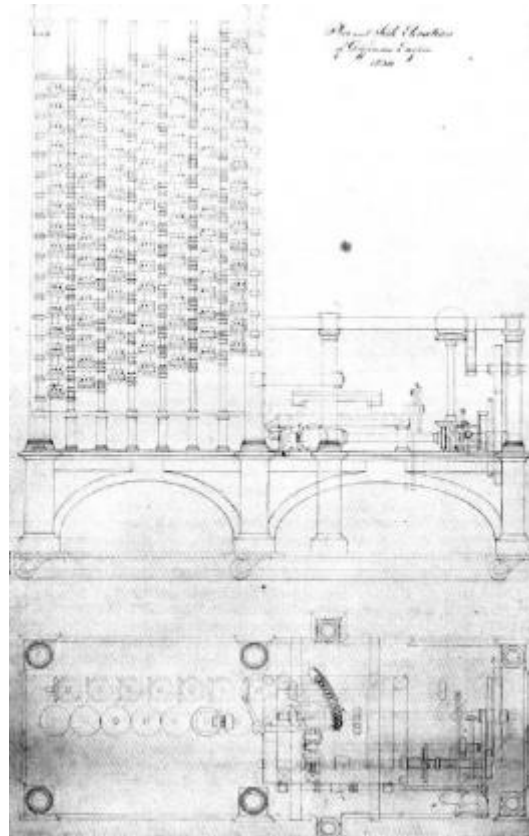
Αναλυτικότερα, η μέθοδος των διαφορών συνίσταται στον υπολογισμό των τιμών του T σε δεδομένο πολυώνυμο $T=x^2+x+4$. Οι τιμές αυτές αναπαρίστανται στην Εικόνα 54. Αν πάρουμε τις διαφορές μεταξύ των τιμών του T 9 (first differences) και

από αυτές πάρουμε τις διαφορές μεταξύ τους (second differences) θα παρατηρήσουμε ότι οι 2ες (second differences) είναι σταθερές. Αν πάρουμε τη 2η διαφορά και την προσθέσουμε στη 1η, προκύπτει η νέα τιμή του T.

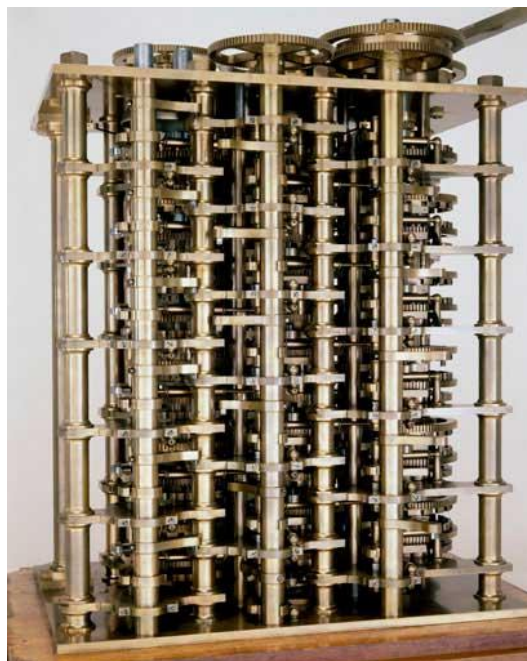
D^2	D	T (x^2+x+41)	x
		41	0
	2	43	1
2	4	47	2
2	6	53	3
2	8	61	4
2	10	71	5

Εικόνα 52. Μέθοδος των διαφορών

Το 1823, ο Babbage, με τη βοήθεια του μηχανικού Clement και την οικονομική υποστήριξη της Βρετανικής κυβέρνησης και της Αστρονομικής εταιρείας ξεκίνησε την κατασκευή της διαφορικής μηχανής του (Εικόνες 55 και 56). Η κατασκευή υπολογιζόταν να διαρκέσει 3 χρόνια. Όμως μια σειρά από προβλήματα καθώς και ασυμφωνίες μεταξύ του Clement και του Babbage, εμπόδισαν την ολοκλήρωσή της. Το 1832 είχε συναρμολογηθεί το 1/7 της μηχανής, που ήταν το 1/3 του ύψους και το μισό του πλάτους της σχεδιασμένης μηχανής. Σημειώνεται πως η μηχανή υπήρξε λειτουργική παρ' όλο τον περιορίστηκε σε δύο τάξης διαφορών και πέντε ψηφία, έναντι του αρχικού σχεδιασμού που περιελάμβανε έκτης τάξης διαφορών και 20 ψηφία.

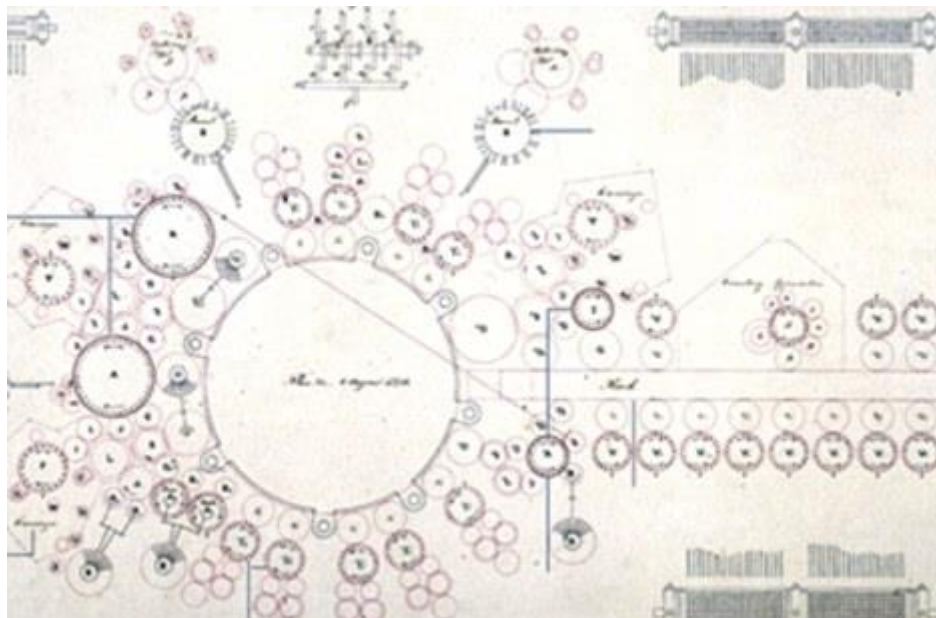


Εικόνα 53. Αρχικό σχέδιο πάνω τμήματος της μηχανής του Babbage



Εικόνα 54: Διαφορική μηχανή του Babbage

Ως ανήσυχο πνεύμα ο Babbage προχώρησε τον Σεπτέμβριο του 1834 στο σχεδιασμό και την κατασκευή πιο προηγμένης κατασκευής, την Αναλυτική Μηχανή (Analytic Machine) (Εικόνα 57) (Rojas & Hashagen, 2000).



Εικόνα 55. Σχέδιο αναλυτικής μηχανής

Ο Babbage σχεδίαζε το μηχανή αυτή με σκοπό να καλύπτει και τις τέσσερις αριθμητικές πράξεις, σε αντίθεση με τη διαφορική του μηχανή που υποστήριζε μόνο την πρόσθεση (Rojas & Hashagen, 2000).

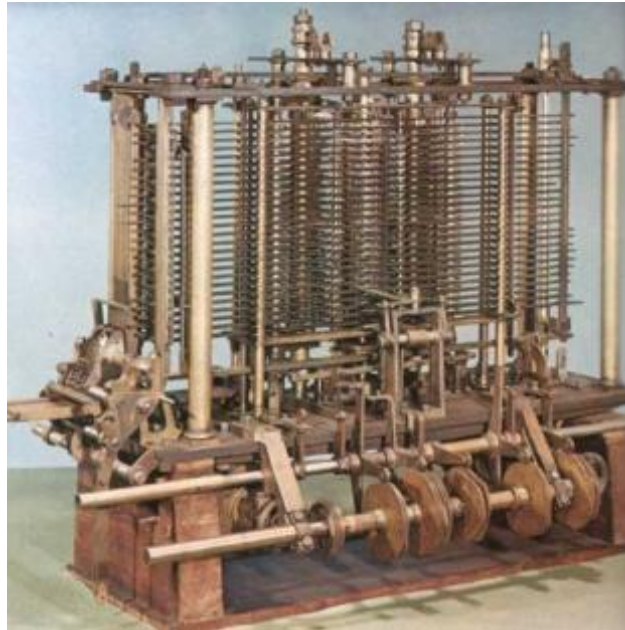
Αντιστοιχίζοντας τη βασική δομή του σημερινού υπολογιστή με την Αναλυτική Μηχανή του Babbage προκύπτουν κατ' αντιστοιχία τα εξής:

1. Είσοδος: Από το 1836 οι διάτρητες κάρτες ήταν ο βασικός μηχανισμός για την τροφοδοσία των μηχανών με δεδομένα αλλά και οδηγίες χειρισμού τους.
2. Έξοδος: ο βασικός μηχανισμός εξόδου του Babbage ήταν μια συσκευή εκτύπωσης. Χρησιμοποίησε τελικά διάτρητες κάρτες για μηχανισμό εξόδων (Εικόνα 58) – βασική διαφορά με την Διαφορική Μηχανή.



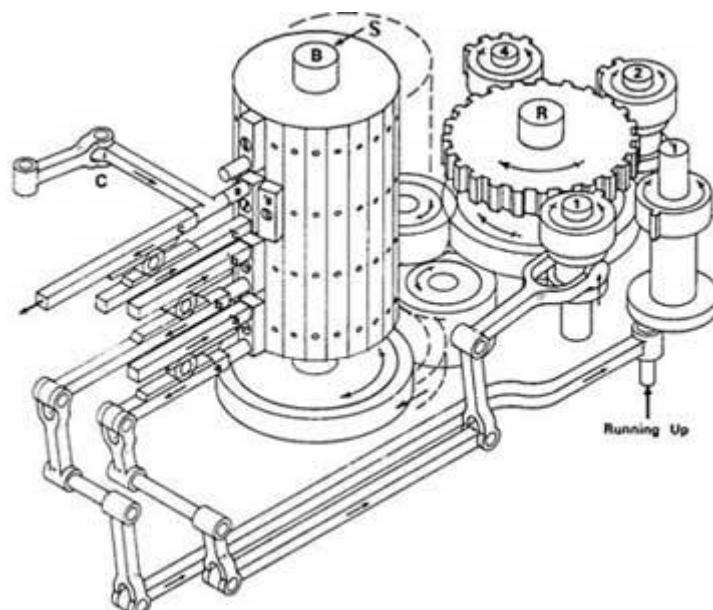
Εικόνα 56. Διάτρητες κάρτες ως μηχανισμός εξόδου

3. Μνήμη: για τον Babbage ήταν ο αριθμός των αξόνων στη συσκευή, αν και είχε αναπτύξει την ιδέα ενός ιεραρχικού συστήματος μνήμης με διάτρητες κάρτες για πρόσθετα – ενδιάμεσα – αποτελέσματα, που δε θα χρησιμοποιούνταν άμεσα.
4. Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας: Ο Babbage την ονομάζει Mill (Εικόνα 59). Όπως οι σύγχρονοι επεξεργαστές έτσι και αυτή παρείχε τη δυνατότητα για αποθήκευση αριθμών, μηχανισμών ελέγχου για την αποκωδικοποίηση των εντολών από τον εξωτερικό χρήστη σε λεπτομερείς εντολές για το εσωτερικό υλικό, μηχανισμό συγχρονισμού (ρολόι) για την πραγματοποίηση συγκεκριμένων βημάτων σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Ο μηχανισμός ελέγχου της Αναλυτικής Μηχανής, έπρεπε να εκτελεί εργασίες αυτόματα και αποτελείται από δύο τμήματα, το χαμηλό τμήμα που ελέγχεται από τεράστια τύμπανα (που ονομάζονται βαρέλια) και το υψηλό τμήμα που ελέγχεται από διάτρητες κάρτες (Dalakon, 2015).



Εικόνα 57. Ένα μοντέλο του Mill της Αναλυτικής μηχανής.

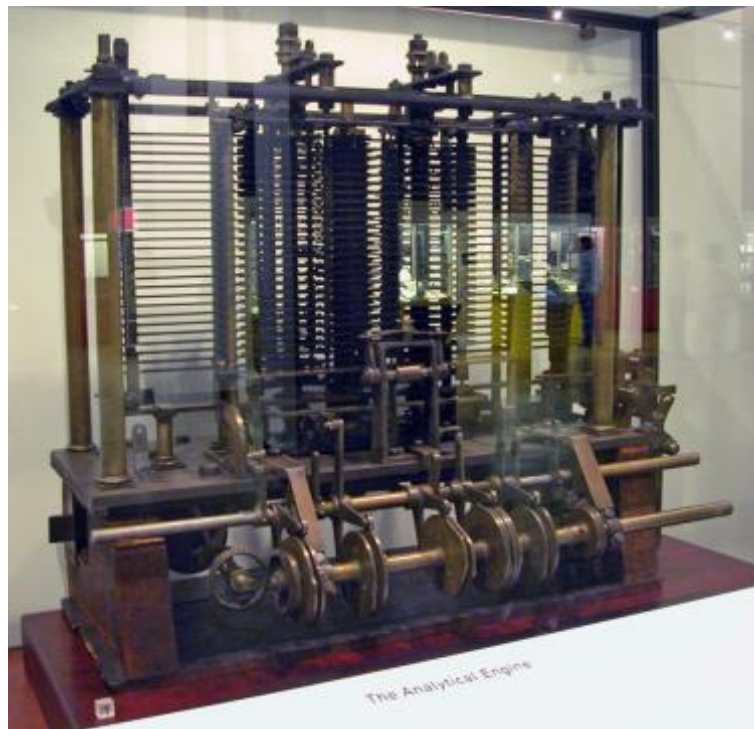
Η ακολουθία των εργασιών που έπρεπε να γίνουν έτσι ώστε να είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν οι αριθμητικές πράξεις ελεγχόταν από μεγάλα τύμπανα, τα λεγόμενα βαρέλια. Τα βαρέλια είχαν προεξοχές στην εξωτερική τους επιφάνεια (όπως οι κύλινδροι στα μουσικά κουτιά) και ενορχήστρωναν την εσωτερική λειτουργία για να γίνονται σωστά οι αριθμητικές πράξεις (Εικόνα 60).



Εικόνα 58. Χαμηλό τμήμα μηχανισμού ελέγχου

Η αναλυτική μηχανή (Εικόνα 61) είχε πολλά διαφορετικά βαρέλια, κάθε ένα έλεγχε ένα ξεχωριστό τμήμα, τα οποία συντονίζονταν μεταξύ τους (Rojas & Hashagen, 2000). Καθώς το βαρέλι περιστρεφόταν οι ακίδες ενεργοποιούσαν συγκεκριμένες κινήσεις στο μηχανισμό και η θέση και η διάταξη των ακίδων καθόριζε τη δράση και το σχετικό χρονισμό της κάθε κίνησης.

Για το υψηλό τμήμα του μηχανισμού ελέγχου ο Babbage είχε σκεφτεί τη χρήση ενός μεγάλου κεντρικού βαρελιού το οποίο θα καθόριζε τα βήματα των υπολογισμών. Η ιδέα αυτή όμως γρήγορα φάνηκε πως δεν ήταν πρακτική, γιατί σε κάθε νέα χρήση της μηχανή θα έπρεπε να αλλάζει το βαρέλι ή οι ακίδες του. Το 1836 έδωσε τη λύση της παροχής δεδομένων και οδηγιών μέσω διάτρητων καρτών. Οι εντολές στις διάτρητες κάρτες θα καθοδηγούσαν τη μηχανή ως προς ποιες εργασίες έπρεπε να εκτελέσει – επομένως σε χαμηλό επίπεδο ποιο βαρέλι ποιο τμήματος έπρεπε να ενεργοποιηθεί και με ποια σειρά.



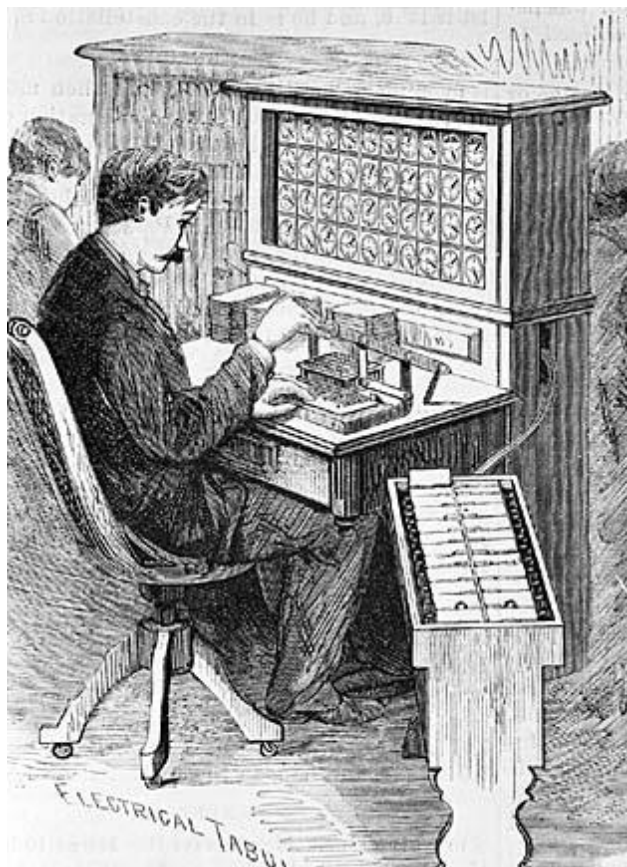
Εικόνα 59. Αναλυτική μηχανή

2.8. ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ Η. HOLLERITH

Ο Η. Hollerith υπήρξε ο επόμενος που ώθησε σημαντικά την εξέλιξη των υπολογιστών (O'Regan, 2012).

Η συμβολή του πραγματοποιήθηκε μέσω της επιτακτικής αναγκαιότητας που δημιουργήθηκε στις Η.Π.Α. για την εξεύρεση άμεσης λύσης πραγματοποίησης της απογραφής των πολιτών (O'Regan, 2012). Σύμφωνα με το Σύνταγμα, η απογραφή έπρεπε να πραγματοποιείται κάθε 10 έτη. Η διαδικασία καταγραφής των δεδομένων ωστόσο, ενώ το 1790 διήρκεσε 9 μήνες, το 1880 διήρκεσε 7,5 έτη. Η αυτοματοποίηση της επεξεργασίας των δεδομένων ήταν αδήριτη αναγκαιότητα.

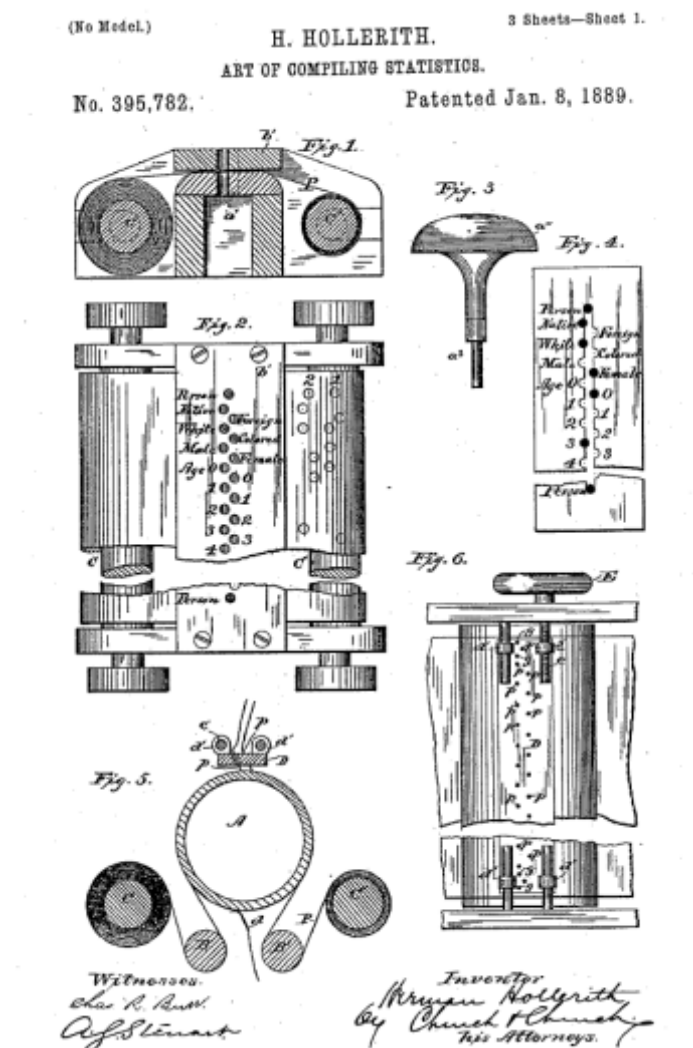
Ο Hollerith πρότεινε μια λύση με χρήση των διάτρητων καρτών Jacquard και η εφεύρεσή του, γνωστή ως «γραφείο του Hollerith», βοήθησε στην ολοκλήρωση της απογραφής εντός 3 ετών και καταχωρήθηκε ως πατέντα το 1889 (Εικόνα 62) (O'Regan, 2012).



Εικόνα 61. Μηχανή του Hollerith

Περιελάμβανε έναν αναγνώστη καρτών, έναν μηχανισμό που λειτουργούσε με γρανάζια για να μετρά (χρησιμοποιούσε το μηχανισμό του Pascal) και έναν μεγάλο τοίχο με δείκτες καντράν για να απεικονίζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης (Εικόνα 63) (Ο'Regan, 2012).

Σημειώνεται πως το 1911 η εταιρεία του Hollerith, Tabulating Machine Company, συγχωνεύτηκε με την ανταγωνίστρια εταιρεία της και το 1924 μετονομάστηκε σε International Business Machines (IBM) (Ο'Regan, 2012).



Εικόνα 62. Δομή της λειτουργίας της μηχανής του Hollerith

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΕΛΙΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Η εξέλιξη των υπολογιστών στον 20^ο αι. διακρίνεται από φάσεις που διέπονται από αντίστοιχα χαρακτηριστικά τεχνολογικής ανάπτυξης αλλά και πολιτικών σκοπιμοτήτων πραγματοποίησης αυτοματοποιημένων υπολογισμών.

Ακολούθως, περιγράφονται οι κύριοι σταθμοί της ιστορίας των υπολογιστών έως σήμερα, ανά χρονική κατηγορία (γενιά) κατάταξης.

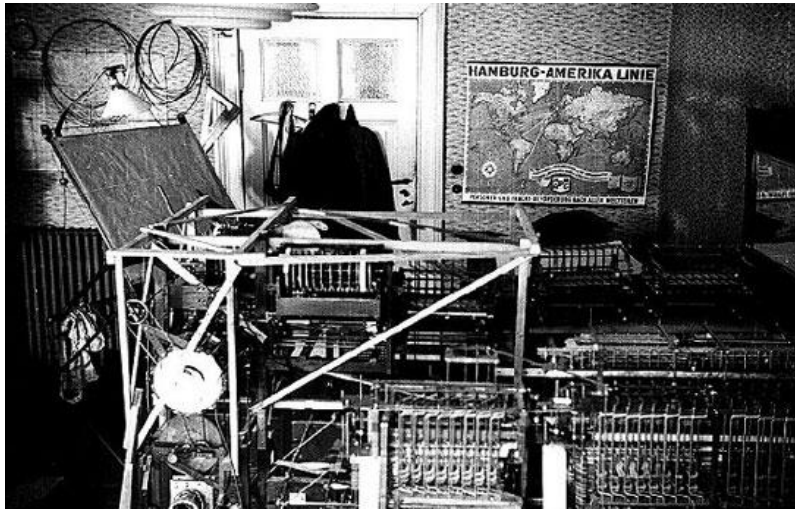
3.1. ΟΙ ΠΡΩΤΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ (1900 - 1939)

Η μία πρώιμη φάση των υπολογιστών, περιλαμβάνει τους πρώτους υπολογιστές. Είναι δυνατό να καταγραφούν ως κυριότεροι οι ακόλουθοι: οι Z1, Z2 και Z3 του Zuse στη Γερμανία, ο υπολογιστής MARK I του Aiken στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, και οABC που σχεδιάστηκε από τον Atanasoff και τον Berry επίσης στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

3.1.1. Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ Z

Η πειραματική κατασκευή που αποτελεί τον πρώτο υπολογιστή, ονομάζεται V1 προερχόμενο από τη λέξη Versuchmodell (μτφ. πειραματικό) και δημιουργήθηκε από τον καθηγητή Konrad Zuse, το 1938 (Εικόνα 65) (Zuse, 1993).

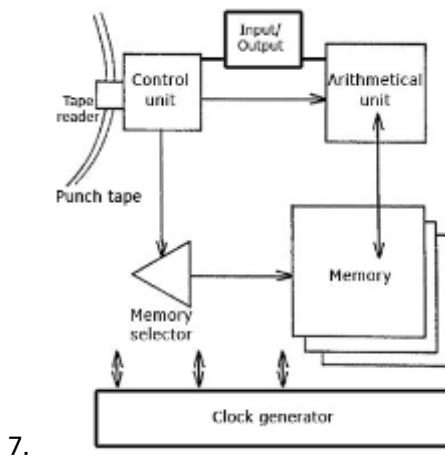
Ζύγιζε 1000 κιλά και αποτελείτο από 20.000 διαφορετικά μέρη. Ήταν προγραμματιζόμενος υπολογιστής που βασιζόταν σε δυαδικούς αριθμούς κινητής υποδιαστολής και σε ένα δυαδικό σύστημα μεταγωγής. Η μόνη ηλεκτρική μονάδα του ήταν ένας ηλεκτρικός κινητήρας 1KW προκειμένου να μεταδίδεται μια συχνότητα ρολογιού 1 Hertz.



Εικόνα 63. Ο υπολογιστής V1

Οι βασικές δομολειτουργικές μονάδες του υπολογιστή ήταν οι ακόλουθες (Εικόνα 66):

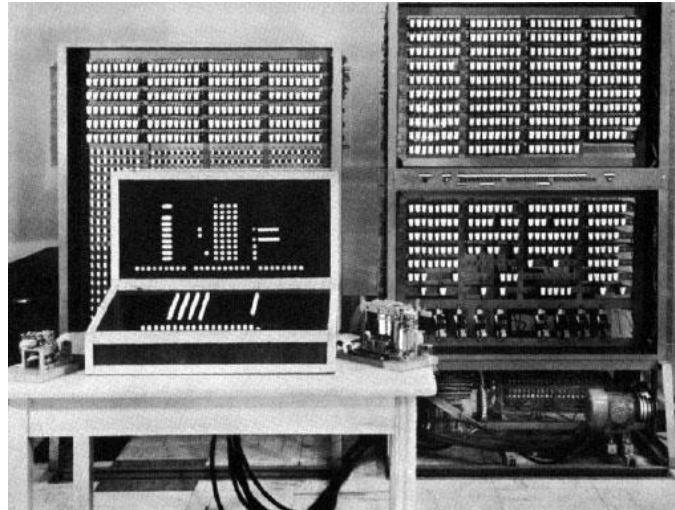
1. Μονάδα ελέγχου: για να επιβλέπει τη λειτουργία όλης της μηχανής και να εκτελεί τις εντολές.
2. Αριθμητική μονάδα: είχε δύο καταχωρητές και μπορούσε να εκτελεί πρόσθεση.
3. Μονάδα Εισόδου/Εξόδου: Η είσοδος ήταν ένα πληκτρολόγιο με δεκαδικούς αριθμούς οι οποίοι μετατρέπονταν κατά την είσοδο στον υπολογιστή σε δυαδικούς αριθμούς κινητής υποδιαστολής. Η αντίστροφη διαδικασία γινόταν κατά την έξοδο.
4. Μνήμη: με 64 λέξεις των 22 bit. Είχε τρία μπλοκ, το ένα για τον εκθέτη και το πρόσημο και τα άλλα δύο για το δεκαδικό μέρος.
5. Επιλογέα μνήμης: ελεγχόταν από τη μονάδα ελέγχου και τον χρησιμοποιούσαν για να επιλέγει το μπλοκ και τη θέση της μνήμης.
6. Ταινία αναγνώστη: Τη χρησιμοποιούσαν για τον προγραμματισμό του υπολογιστή.



Εικόνα 64. Μονάδες του υπολογιστή V1

Ο επόμενος υπολογιστής, ο V2 (1939) λειτουργούσε στα 3 Hz ενώ ο διάδοχός του, ο V3 (1941) στα 5,33 Hz. Για την κατασκευή του V3 (Εικόνα 67) χρησιμοποιήθηκαν ρελέ, 600 για την αριθμητική μονάδα, 1400 για τη μνήμη και 400 για τη μονάδα ελέγχου. Η λειτουργία του ήταν παρόμοια με τα δύο προηγούμενα μοντέλα

1. είχε αποθηκευτικό χώρο 64 λέξεων με μέγεθος λέξης 22 bit,
2. οι εντολές του ήταν 8 bit,
3. η είσοδος γινόταν από πληκτρολόγιο και κατόπιν γινόταν η μετατροπή στο δυαδικό σύστημα.
4. στην έξοδο τα αποτελέσματα εμφανίζονταν σε δεκαδική μορφή.



Εικόνα 65. Ο V3

Ο Zuse δεν σταμάτησε εκεί και προχώρησε στην εξέλιξη του V, επιθυμώντας ο V4 να προωθηθεί στη μαζική αγορά. Ωστόσο, η τραγική κατάσταση στην οποία είχε επέλθει η Γερμανία αποτέλεσε τροχοπέδη για το φιλόδοξο αυτό σχέδιο. Η θετική κατάληξη προήλθε από τον καθηγητή Stiefel του πανεπιστημίου της Ζυρίχης, που εντυπωσιασμένος από την απλότητα της μηχανής και την κατ' αντιδιαστολή ισχυρή αριθμητική του μονάδα, ζήτησε να συνεχίσει το έργο. Το γεγονός αυτό επέφερε το 1948 τελικά τον υπολογιστή V4.

Σημειώνεται πως στο τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, ο ο Zuse μετονόμασε όλη τη σειρά των υπολογιστών του από V σε Z για να αποφύγει τη σύνδεσή τους με τους πυραύλους V1-V4 (Dalakov, 2015).

3.1.2. HARVARD MARK I

Το 1937, ο Howard Aiken, φοιτητής τότε στο Harvard, αποφάσισε να σχεδιάσει έναν υπολογιστή προκειμένου να είναι σε θέση να διεκπεραιώσει τους πολύπλοκους υπολογισμούς που απαιτούνταν στην έρευνά του (Frank, 2004).

Με την υποστήριξη του πανεπιστημίου, ήλθε σε επαφή με την IBM, μία εταιρεία που εξειδικευόταν στις υπολογιστικές μηχανές και στα τμήματα διάτρητων καρτών και τελικά η κατασκευή του υπολογιστή, τον Mark I (Εικόνα 68), πραγματοποιήθηκε το 1944 (Frank, 2004). Χρησιμοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο για λόγους επίλυσης

μαθηματικών προβλημάτων, στο Ναυτικό για πολεμικούς σκοπούς (σχεδιασμό εξοπλισμού τορπιλών, υποβρυχίων συστημάτων ανίχνευσης κ.α.) και σε πολλούς άλλους κλάδους, με χαρακτηριστική την περίπτωση της συμβολής του στο σχεδιασμό της ατομικής βόμβας του σχεδίου Μανχάταν (Frank, 2004).



Εικόνα 66. Σχηματική Απεικόνιση του Harvard Mark I

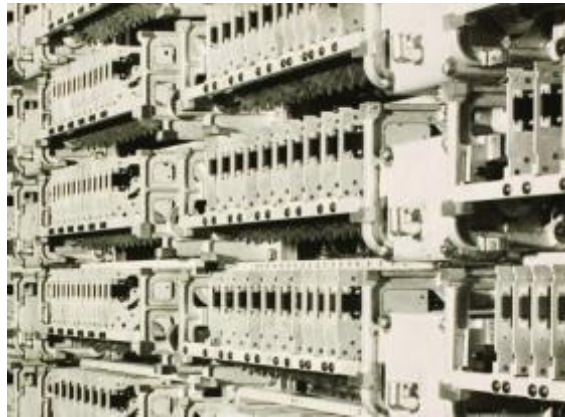
Στον Mark I οι μαθηματικοί πίνακες που υπολογίζονταν εκτυπώνονταν αμέσως. Η δομή του περιελάμβανε πέντε υποσυστήματα (Frank, 2004):

- Συνεχείς διακόπτες (Constant Switches) (Εικόνα 69): Με τη βοήθεια των διακοπών ο χρήστης εισήγαγε αριθμούς. Θα πρέπει να είχαν τοποθετηθεί στη θέση πριν από την εκτέλεση του προγράμματος και να παραμείνουν αμετάβλητοι κατά την εκτέλεσή του. Κάθε σειρά αντιστοιχεί σε έναν αριθμό 24 Bit.



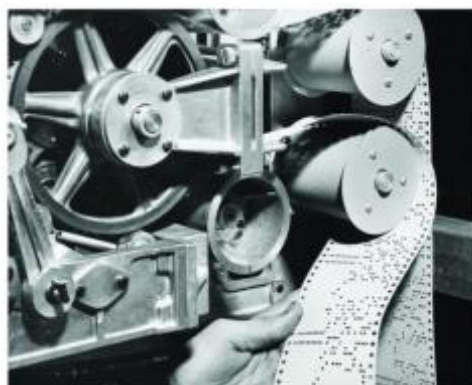
Εικόνα 67. Διακόπτες Εισόδου

- Μετρητές αποθήκευσης (Storage Counters) (Εικόνα 70): το τμήμα αυτό ήταν μια σύνθεση από 72 τροποποιημένους μηχανισμούς πρόσθεσης της IBM. Η λειτουργία τους ήταν να είναι η μνήμη της μηχανής και διαβάζονταν ή εκτελούνταν πράξεις μεταξύ των περιεχομένων τους ανάλογα με τις οδηγίες που υπήρχαν στην κάρτα του προγράμματος.



Εικόνα 68. Storage Counters

- Έλεγχος ακολουθίας και παρεμβολών (Sequence Control and Interpolators) (Εικόνα 71): Στο σημείο αυτό ήταν καίρια η συμβολή του Αικεν που έκανε τη μηχανή προγραμματιζόμενη. Η ακολουθία ελέγχου διάβαζε τις οδηγίες από μια ταινία χαρτιού, διαβάζοντας μια γραμμή κάθε φορά την οποία και εκτελούσε. Οι Interpolators ήταν παρόμοιες μονάδες που είχαν δημιουργηθεί για να διαβάζουν ακολουθίες αριθμών και μαθηματικών συναρτήσεων.



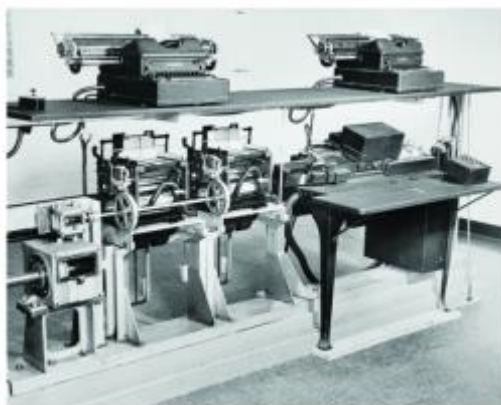
Εικόνα 69. Sequence Control and Interpolators

- Κινητήριος άξονας (Drive Shaft) (Εικόνα 72): Τον Mark I τροφοδοτούσε ένας ηλεκτρικός κινητήρας που μετέδιδε κίνηση σε όλα τα μηχανικά του μέρη, με τη βοήθεια ενός ενιαίου μακρύ άξονα. Αυτή ήταν η εγγύηση ότι όλα τα εξαρτήματα θα εργάζονταν με τον ίδιο ρυθμό, κάτι το οποίο ήταν απαραίτητο για τη μετάδοση οδηγιών και δεδομένων, μεταξύ τους, σαν μια ενιαία μονάδα εργασία.



Εικόνα 70. Drive Shaft

- Κάρτες τροφοδοσίας-Δελτίο διάτρησης (Card Feeds, Card Punch)(Εικόνα 73): Οι κάρτες τροφοδοσίας χρησιμοποιήθηκαν για να ξεπεραστούν τα προβλήματα που υπήρχαν στις κοινές διάτρητες κάρτες την εποχή εκείνη. Η έξοδος μπορούσε να είναι σε δύο μορφές, είτε σε διάτρητες κάρτες είτε σε αναγνώσιμη μορφή από τον άνθρωπο η οποία τυπωνόταν με τη βοήθεια γραφομηχανών.



Εικόνα 71. Card Feeds, Card Punch

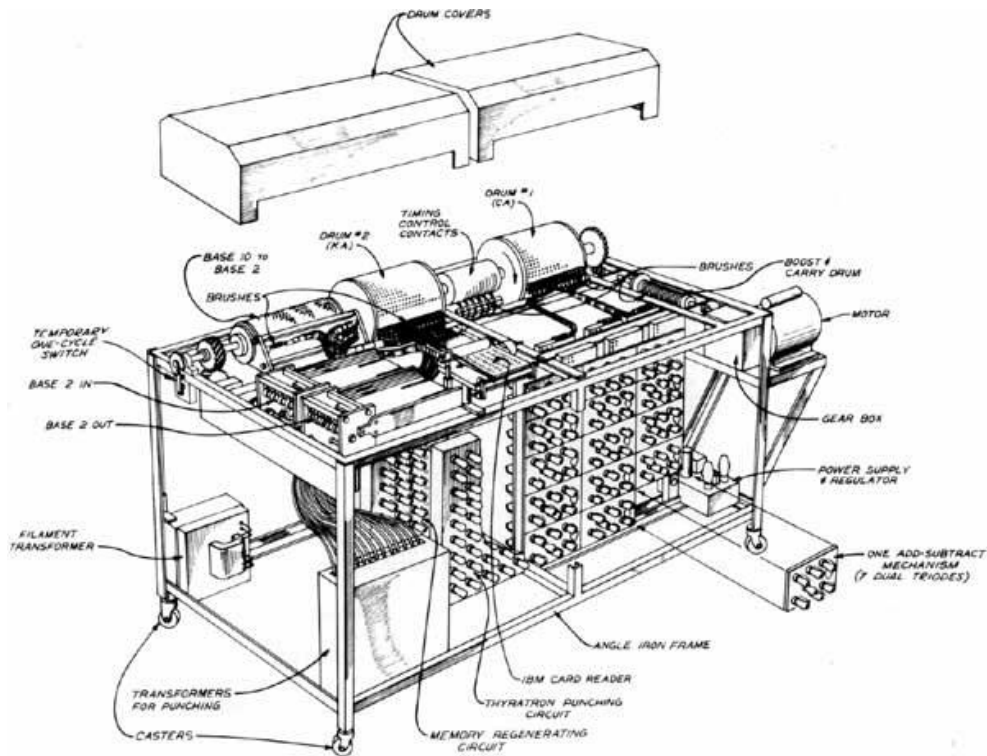
Τέλος, είναι ανάγκη να σημειωθεί πως ο Mark I αξιοποιήθηκε και στην επίλυση ενός συνόλου διαφορετικών εξισώσεων των συναρτήσεων Bessel, γεγονός που του προσέδωσε και το προσωνύμιο Bessie (Frank, 2004).

3.1.3. ATANASOFF BERRY COMPUTER (ABC)

Ο υπολογιστής Atanasoff Berry κατασκευάστηκε στο πανεπιστήμιο της Iowa από το 1939-1942 από τον καθηγητή φυσικής Atanasoff και τον μεταπτυχιακό του φοιτητή Berry. Αργότερα ονομάστηκε ABC (Edwards, 2010).

Ως αφορμή στάθηκε μία εργασία του Atanasoff το 1930, στην οποία απαιτούνταν μεγάλος αριθμός υπολογισμών και με τα δεδομένα της εποχής αυτό θα ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρο (Edwards, 2010). Ο Atanasoff, λοιπόν, σε αρχική φάση προχώρησε στην μετατροπή του υπολογιστή της IBM με τέτοιο τρόπο ώστε να επιλύει προβλήματα ανάλυσης σύνθετων φασμάτων (Edwards, 2010). Η IBM δεν ασχολήθηκε με τη συγκεκριμένη τροποποίηση, εφόσον της προσέδωσε μειωμένη αξία (Edwards, 2010).

Ο Atanasoff προχώρησε τότε στην κατασκευή ενός αναλογικού υπολογιστή, το πολλαπλασιασόμετρο, αλλά αντιμετώπισε προβλήματα αξιοπιστίας και ακρίβειας (Edwards, 2010). Με τη βοήθεια του φοιτητή του Berry, στα τέλη του 1941, εν τέλει κατασκεύασαν τον ABC (Εικόνα 74).



Εικόνα 72. Σχηματική αναπαράσταση του ABC

Διάφορες δοκιμές απέδειξαν την ακρίβεια της αριθμητικής μονάδας και της μονάδας εισόδου-εξόδου (Edwards, 2010). Η μοναδική μονάδα που παρουσίαζε σποραδικά λάθη ήταν η μονάδα ενδιάμεσης αποθήκευσης που είχε εφεύρει ο Atanasoff η οποία και βασιζόταν στη γραφή και ανάγνωση ηλεκτρονικών καρτών (Edwards, 2010).

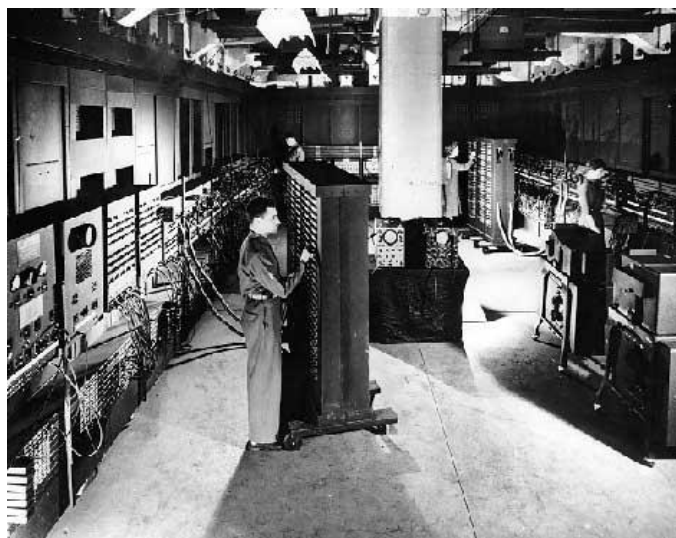
Ο ABC είχε το μέγεθος ενός γραφείου, ζύγιζε 315 κιλά και χρησιμοποιούσε 280 λυχνίες κενού (Edwards, 2010).

3.2. 1^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1945 – 1949)

Η πρώτη γενιά υπολογιστών χρησιμοποιούσε λυχνίες κενού και μαγνητικά τύμπανα για την αποθήκευση (O'Regan, 2012). Το μέγεθός τους ήταν συνήθως πολύ μεγάλο, καταλάμβαναν αρκετές φορές ένα ολόκληρο δωμάτιο, ενώ παρήγαγαν αρκετή θερμότητα (O'Regan, 2012). Χρησιμοποιούσαν κυρίως τη γλώσσα μηχανής για την εκτέλεση των πράξεων και μπορούσαν να επιλύουν ένα πρόβλημα κάθε φορά (O'Regan, 2012). Για να προετοιμαστούν για την επίλυση άλλου προβλήματος, απαιτούνταν μερικές φορές και σημαντικό χρονικό διάστημα ημερών (O'Regan, 2012). Η είσοδος βασιζόταν σε διάτρητες κάρτες ενώ η έξοδος εκτυπωνόταν (O'Regan, 2012).

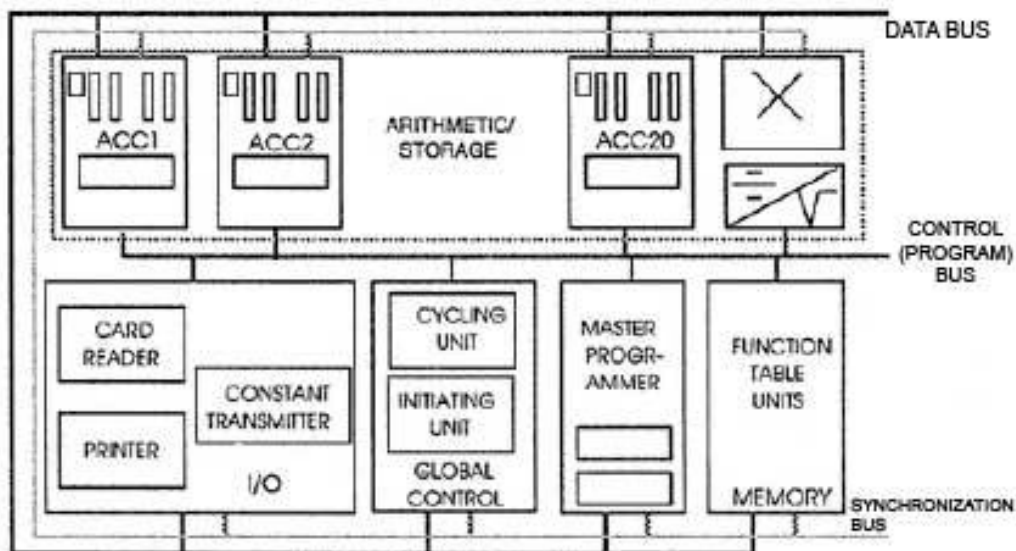
3.2.1. ENIAC

Ο ENIAC (Εικόνα 75) κατασκευάστηκε με εντολή του Αμερικανικού στρατού το 1946 και κόστισε \$487.000 (McCartney, 1999). Ζύγιζε 30 τόνους και απαιτούσε ένα χώρο 10-15 m² (McCartney, 1999). Περιείχε 17.468 λυχνίες κενού, 1.500 ρελέ, αντιστάσεις, πυκνωτές και ο ρυθμός του ρολογιού του ήταν 100 kHz (McCartney, 1999). Ο ENIAC μπορούσε να υπολογίσει σε 30 δευτερόλεπτα την πλήρη τροχιά ενός βλήματος, για την οποία απαιτούνταν 20 ώρες με μια αριθμομηχανή γραφείου ή 15 λεπτά με τον διαφορικό αναλυτή (McCartney, 1999). Μια πρόσθεση απαιτούσε 200 microsecond, ένας πολλαπλασιασμός 3 millisecond.



Εικόνα 73. ENIAC

Οι μονάδες του ENIAC μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε κατηγορίες (Εικόνα 76) (McCartney, 1999): (α) αριθμητική που αποτελείται από 20 συσσωρευτές (για πρόσθεση και αφαίρεση), έναν πολλαπλασιαστή και έναν συνδυασμό διαιρέτη και υπολογισμού τετραγωνικής ρίζας, (β) τη μονάδα ελέγχου, (γ) τη μνήμη, (δ) τη μονάδα εισόδου/εξόδου όπου σαρώνονταν από αναγνώστη οι διάτρητες κάρτες και τα δεδομένα των ρελέ και (ε) οι διαμεσολαβητές που αξιοποιούνταν για την επικοινωνία των μονάδων μεταξύ τους και λειτουργούσαν σειριακά.

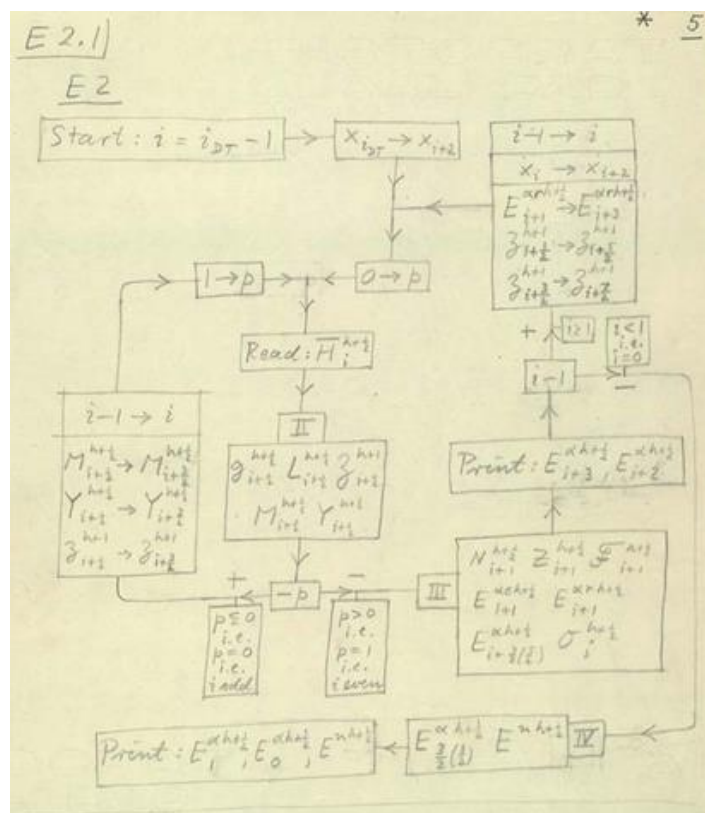


Εικόνα 74. Μονάδες του ENIAC

Ο ENIAC θα μπορούσε να προγραμματιστεί ώστε να εκτελεί περίπλοκες ακολουθίες λειτουργιών, που περιελάμβαναν βρόχους, υποκαταστήματα, και υπορουτίνες (McCartney, 1999). Η διαδικασία για τη λήψη ενός προβλήματος και τη χαρτογράφηση του επί του μηχανήματος ήταν αρκετά πολύπλοκη, και συνήθως απαιτούσε εβδομάδες (McCartney, 1999).

3.2.2. JOHN VON NEUMANN

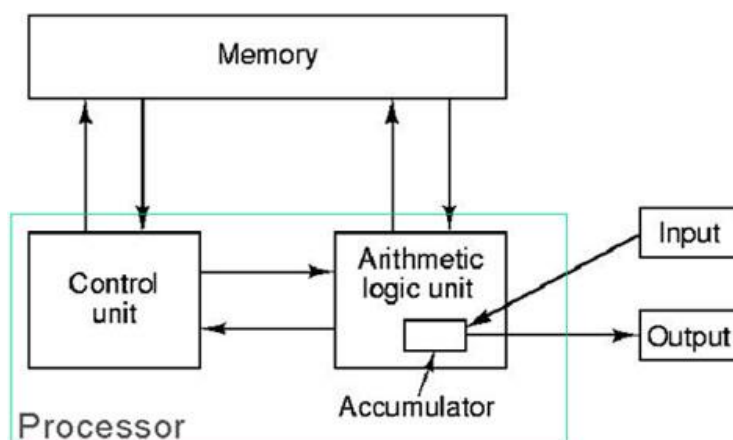
Το 1945 και ενώ βρισκόταν σε επικοινωνία με τη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Moore σχετικά με το έργο EDVAC, ο J.von Neumann έγραψε μια σειρά σημειώσεων η οποία περιείχε μια αρχιτεκτονική υπολογιστή (Εικόνα 78) (Ο'Regan, 2012). Σε αυτή, τα δεδομένα και το πρόγραμμα αποθηκεύονταν στη μνήμη του υπολογιστή, στον ίδιο χώρο διευθύνσεων ενώ η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, έγινε το de facto πρότυπο για τους υπολογιστές επί σειρά ετών (Ο'Regan, 2012).



Εικόνα 75. Διάγραμμα ροής που προτάθηκε από τον von Neumann για τον ENIAC

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της δομής του υπολογιστή του von Neumann, εκτός από την εσωτερική αποθήκευση των προγραμμάτων, είναι ότι οι μονάδες που επεξεργάζονται την πληροφορία διακρίνονται από εκείνες που την αποθηκεύουν. Συνήθως υπάρχει μόνο μία οδός επικοινωνίας μεταξύ των δύο μονάδων, διαμέσου της οποίας πρέπει να περάσουν όλα τα δεδομένα (Εικόνα 79) (Ο'Regan, 2012).

Επίσης, οι οδηγίες και τα δεδομένα αποθηκεύονται στην ίδια συσκευή μνήμης έτσι ώστε να πραγματοποιείται εξίσου γρήγορα η ανάκλησή τους (O'Regan, 2012).



Εικόνα 76. Αρχιτεκτονική von Neumann

3.2.3. EDVAC-EDSAC

Η κατασκευή του διάδοχου του ENIAC ξεκίνησε τον Αύγουστο του 1944, βασισμένος στην ιδέα που πρότεινε ο Neumann (O'Regan, 2012). Και ο υπολογιστής αυτός κατασκευάστηκε για να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της τροχιάς των βαλλιστικών πυραύλων, όπως ο ENIAC (O'Regan, 2012). Το κόστος της κατασκευής του ανήλθε στα \$467.000 και περιελάμβανε 3000 λυχνίες κενού, 180 ρελέ, αντιστάσεις, πυκνωτές ενώ για την εγκατάστασή του απαιτήθηκε χώρος 14 X 6 μέτρα. Από το χώρο αυτό, ο EDVAC καταλάμβανε 9X4 μέτρα και ο υπόλοιπος χώρος ήταν για τον εξοπλισμό εισόδου εξόδου (Εικόνα 79) (O'Regan, 2012).

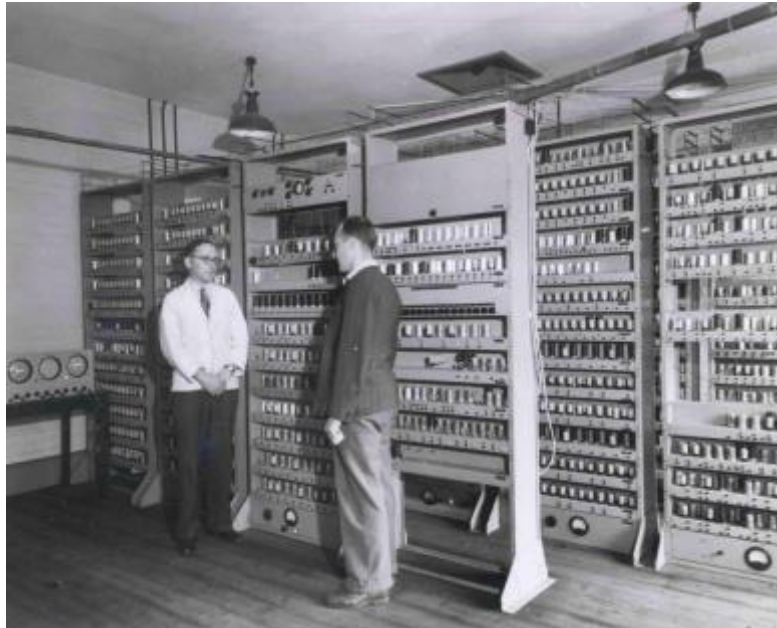
Ο EDVAC παρείχε τη δυνατότητα για αυτόματη πρόσθεση, αφαίρεση και πολλαπλασιασμό και προγραμματιζόμενη διαίρεση (O'Regan, 2012). Η σειριακή του μνήμη είχε χωρητικότητα 1000 λέξεων των 44 bit. Ο μέσος χρόνος του για μια πρόσθεση ήταν 864 microsecond, ενώ για πολλαπλασιασμό 2900 microsecond. Οι χρόνοι αυτοί ήταν σε εξάρτηση από το χρόνο προσπέλασης στη μνήμη (ο οποίος ποικίλει ανάλογα με τη διεύθυνση της μνήμης που θέλουμε να προσπελάσουμε και την τρέχουσα θέση).



Εικόνα 77. EDVAC

Με παρόμοια αρχιτεκτονική κατασκευάστηκε στην Αγγλία, στο πανεπιστήμιο Cambridge, από τον Wilkes ο υπολογιστής EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) (Εικόνα 80) (O'Regan, 2012). Η κατασκευή ξεκίνησε το 1946 και ολοκληρώθηκε το 1949, όπου έτρεξε το πρώτο πρόγραμμα που υπολόγισε τα τετράγωνα των ακέραιων αριθμών από το 0 έως και το 99 και μια λίστα πρώτων αριθμών (O'Regan, 2012).

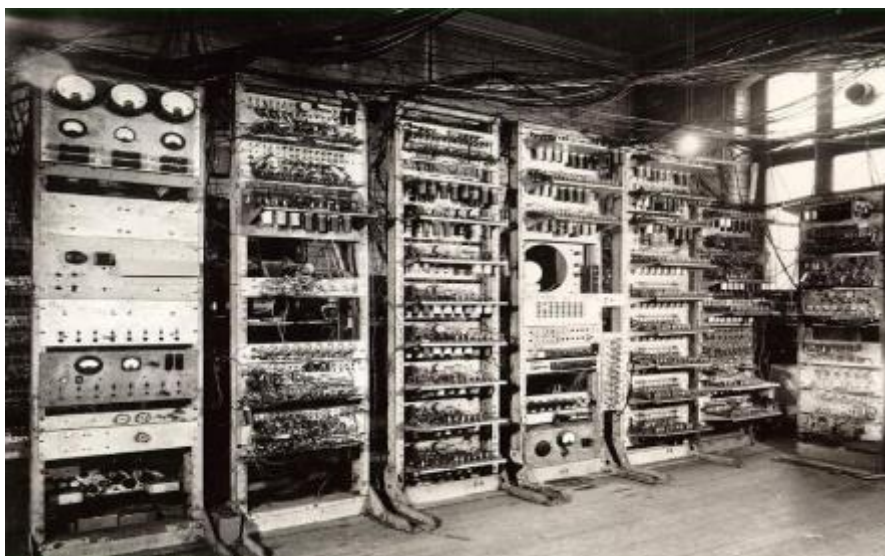
Χρησιμοποιούσε 3.000 λυχνίες κενού, κατανάλωνε 12 kW ενέργειας και καταλάμβανε ένα δωμάτιο 20 τ.μ. Πρόσφερε 1.024 θέσεις μνήμης (τύπου υδραργύρου γραμμής καθυστέρησης) 17 δυαδικών ψηφίων, ενώ επέτρεπε το συνδυασμό δύο γειτονικών θέσεων μνήμης, προκειμένου να αποθηκευτούν μεγάλοι αριθμοί. Η αποθήκευση προγράμματος γίνονταν σε επίπεδο μνήμης, όλα τα δεδομένα και οι εντολές αναπαρίστανται μέσω δυαδικού κώδικα και αποθηκεύονται στην μνήμη του υπολογιστή και δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ δεδομένων και εντολών.



Εικόνα 78. EDSAC

3.2.4. SSEM

Ο SSEM (Εικόνα 81) κατασκευάστηκε το 1948 στο πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ από τους Williams και Kilburn (O'Regan, 2012). Το πλήρες όνομά ήταν Small Scale Experimental Machine αλλά έμεινε γνωστός ως Baby (O'Regan, 2012).



Εικόνα 79. SSEM

Η υπολογιστική του ταχύτητα ήταν 1,2 millisecond ανά εντολή, το μήκος λέξης ήταν 32 bit, η μνήμη του βασιζόταν σε μια κατασκευή των Williams – Kilburn, με χρήση καθοδικών σωλήνων και ήταν τυχαίας προσπέλασης των 32 λέξεων επεκτάσιμη μέχρι 8192 λέξεις και τέλος η αριθμητική πραγματοποιούνταν με τη χρήση του συμπληρώματος του αριθμού 2 (O'Regan, 2012).

Η κύρια μονάδα αποθήκευσης ήταν ένας πίνακας 32 X 32 με τη χρήση καθοδικού σωλήνα (O'Regan, 2012). Επίσης, υπήρχαν και άλλοι δύο καθοδικοί σωλήνες για ειδικούς καταχωρητές, ένας για τον αθροιστή και ο άλλος για τη διεύθυνση της τρέχουσας εντολής (CI) και την ίδια την εντολή (PI) (O'Regan, 2012). Τέλος, υπήρχε ένας ακόμα καθοδικός σωλήνας που παρείχε τη δυνατότητα να απεικονίσει τα περιεχόμενα των άλλων καθοδικών σωλήνων (O'Regan, 2012).

3.2.5. UNIVAC

Ο Univac I (Universal Automatic Computer) (Εικόνα 82) ήταν ο πρώτος εμπορικά διαθέσιμος υπολογιστής. Κατασκευάστηκε από τους Mauchly και Eckert το 1947 (O'Regan, 2012). Η πρώτη παράδοση έγινε το 1951. Από το 1951 έως το 1958 παραδόθηκαν συνολικά 46 υπολογιστές (O'Regan, 2012).

Η μηχανή χρησιμοποιούσε 4 μπιτ – δυαδικά ψηφία για να κωδικοποιήσουν κάθε δεκαδικό ψηφίο. Στον κεντρικό επεξεργαστή της υπήρχαν 4 συσσωρευτές γενικής χρήσης για τις αριθμητικές πράξεις. Μία λέξη είχε μήκος 45 μπιτ. Κάθε λέξη μπορούσε να αναπαρασταθεί με 11 δεκαδικά ψηφία συν το πρόσημο, ή με δύο εντολές. Το μέγεθός του ήταν 7.6 X 15.2 μέτρα και περιείχε 5.600 λυχνίες, 18.000 διόδους και 300 ρελέ. Χρησιμοποιούσε ρολόι στα 2.25 Mhz και είχε χωρητικότητα 1000 λέξεων. Για την αποθήκευση χρησιμοποιούσε γραμμές καθυστέρησης υδραργύρου, μαγνητικές ταινίες. Επίσης υπήρχε η δυνατότητα εκτύπωσης στην έξοδο.

Για προσθέσεις, ο χρόνος ήταν 0.525 millisecond, για πολλαπλασιασμούς 2.15 millisecond και 3.9 millisecond για διαιρέσεις. Ο χρονιστής του έτρεχε με ταχύτητα 2,25 MHz και μπορούσε να εκτελέσει περίπου 465 πολλαπλασιασμούς ανά

δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα αυτή ήταν περίπου ίδια με την ταχύτητα πολλαπλασιασμού του ENIAC. Το σύστημα ταινίας το οποίο χρησιμοποιούσε όμως ο UNIVAC, σε συνδυασμό με την αρχιτεκτονική αποθηκευμένου προγράμματος τον καθιστούσαν συνολικά πολύ καλύτερη μηχανή.



Εικόνα 80. Univac I

Επισημαίνεται, πως ένας μεγάλος αριθμός χαρακτηριστικών που συναντούμε σήμερα στους υπολογιστές προέρχονται από τον UNIVAC (O'Regan, 2012). Ως παραδείγματα αναφέρονται (O'Regan, 2012): η αριθμητική επεξεργασία, η εκτεταμένη χρήση επιπλέον μπιτ για έλεγχο, οι μαγνητικές ταινίες για μαζική μνήμη και τα λεγόμενα ενδιάμεσα κυκλώματα (buffer) που επέτρεπαν ταχείες ανταλλαγές μεταξύ της γρήγορης γραμμής καθυστέρησης και των πιο αργών μονάδων ταινίας μνήμης.

Εν συντομία, οι πρωτοπορίες του UNIVAC ήταν η χρήση μαγνητικών ταινιών και η χρήση της προσωρινής μνήμης (O'Regan, 2012). Αυτή του παρείχε τη δυνατότητα

της ανεξαρτησίας της λειτουργίας της επεξεργασίας από την είσοδο/έξοδο το οποίο τον οδήγησε στην αύξηση της απόδοσής του (O'Regan, 2012).

3.3. 2^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1959 – 1965)

Το κύριο χαρακτηριστικό της 2ης γενιάς, είναι η αντικατάσταση των λυχνιών από τρανζίστορ (O'Regan, 2012).

Τα τρανζίστορ εφευρέθηκαν το 1947, αλλά έτυχαν ευρείας χρήσης στους υπολογιστές έως τα τέλη της δεκαετίας του 1950. Τα τρανζίστορ ήταν σαφώς ανώτερα από τις λυχνίες, εφόσον επέτρεπαν στους υπολογιστές να είναι μικρότεροι, ταχύτεροι, φθηνότεροι, με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και πιο αποδοτικοί (O'Regan, 2012).

Οι υπολογιστές της γενιάς αυτής, εξακολουθούν να χρησιμοποιούν διάτρητες κάρτες για είσοδο και εκτυπώσεις για έξοδο (O'Regan, 2012). Σε ότι αφορά τη γλώσσα προγραμματισμού, εγκαταλείπεται η δύσχρηστη γλώσσα μηχανής και αρχίζουν να χρησιμοποιούνται γλώσσες υψηλού επιπέδου (όπως Cobol και Fortran) (O'Regan, 2012).

3.3.1. IBM 1401

Ο IBM 1401 (Εικόνα 83) ήταν ο πρώτος υπολογιστής προορισμένος για εμπορικές εφαρμογές. Κόστιζε \$2500 και οι πωλήσεις ήσαν της τάξης των 10.000 μονάδων (O'Regan, 2012).

Ο 1401 ήταν ο πρώτος από τη σειρά 1400 της IBM (O'Regan, 2012). Στη συνέχεια ακολούθησαν ο 1410, ο 1440 και ο 1460 (O'Regan, 2012). Βασιζόταν στο δεκαδικό σύστημα και όχι στο δυαδικό και οι λέξεις του ήταν μεταβλητού μήκους των 8 bit bytes, που περιέχουν 6 bit Binary Coded Decimal, χαρακτήρες (O'Regan, 2012).

Ο προγραμματισμός του αρχικά γινόταν με τη γλώσσα Assembly, ενώ στη συνέχεια προστέθηκε μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου (RPG – Report Program Generator). Κατόπιν προστέθηκε και η γλώσσα Fortran (O'Regan, 2012).



Εικόνα 81. IBM 1401

3.3.2. IBM 7090/94

Η συγκεκριμένη σειρά υπολογιστών IBM 7090/94 ήταν η πιο δημοφιλής της δεύτερης γενιάς κεντρικών (mainframe) υπολογιστών και σχεδιάστηκε για επιστημονικές και τεχνολογικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας (O'Regan, 2012). Τον Απρίλιο του 1964 εγκαταστάθηκε ο 7094 II που είχε σχεδόν διπλάσια ταχύτητα από τον 7090, κάτι που οφειλόταν στον ταχύτερο κύκλο ρολογιού και στην επικάλυψη της εκτέλεσης των εντολών (O'Regan, 2012).

Μέχρι το 1965 είχαν πουληθεί περίπου 300 συστήματα 7090/94, με μέση τιμή κτήσης περίπου \$ 3 εκατομμύρια (αν και οι περισσότεροι ενοίκιαζαν τους υπολογιστές με κόστος \$70.000 ανά μήνα) (O'Regan, 2012). Η NASA χρησιμοποιούσε τα 7094 για τον έλεγχο των διαστημικών πτήσεων Mercury και Gemini (O'Regan, 2012).



Εικόνα 82. IBM 7090

3.3.3. CDC 1604

Ο CDC 1604 (Εικόνα 85) ήταν ένα υπολογιστής που είχε κατασκευαστεί από τον Seymour Cray και την ομάδα του στην Control Data Corporation (O'Regan, 2012). Το 1604 ήταν ένας από τους πιο διαδεδομένους υπολογιστές με χρήση τρανζίστορ. Τα πρώτα συστήματα παραδόθηκαν στο Πολεμικό Ναυτικό των Η.Π.Α για διαχείριση του στόλου του (O'Regan, 2012). Μέχρι το 1964 είχαν πουληθεί περίπου 50 συστήματα. Χρησιμοποιήθηκε επίσης και σε άλλες εφαρμογές όπως διαχείριση στόλου ή καθοδήγηση πυραύλων (O'Regan, 2012).

Η μνήμη του: 32 K από 48 bit λέξεις, με χρόνο κύκλου 6,4 microsecond (O'Regan, 2012). Ήταν οργανωμένος σε δύο τμήματα, όπου το ένα αφορούσε τις μονές και το άλλο τις ζυγές διευθύνσεις ενώ ως υπολογιστής μπορούσε να εκτελέσει 100.000 πράξεις το δευτερόλεπτο (O'Regan, 2012). Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας περιείχε έναν συσσωρευτή (accumulator) μεγέθους 48 bit, έναν μετρητή προγράμματος, ένα μητρώο (mask register), έξι καταχωρητές δείκτη και χρησιμοποιούσε για την αναπαράσταση των αριθμών το συμπλήρωμα του αριθμού 1 (O'Regan, 2012).



Εικόνα 83. CDC 1604

3.4. 3^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1965-1971)

Στη τρίτη γενιά των υπολογιστών συντελείται αντικατάσταση των τρανζίστορ από ολοκληρωμένα κυκλώματα που αποτελούνται από πολύ μικρό μεγέθους κομμάτι από πυρίτιο, στο οποίο συγκεντρώνονται χιλιάδες ηλεκτρονικά στοιχεία και εκατοντάδες τρανζίστορ (O'Regan, 2012). Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται δραματικά το μέγεθος των υπολογιστών ενώ αυξάνονται παράλληλα οι επιδόσεις και η αποτελεσματικότητά τους. Στη συγκεκριμένη γενιά συναντούμε και ραγδαία εξέλιξη του λογισμικού, τη δημιουργία της γλώσσας Basic καθώς και την εμφάνιση των πρώτων συστημάτων καταμερισμού του χρόνου (O'Regan, 2012).

3.4.1. IBM 360

Ο Κεντρικός Υπολογιστής (mainframe) 360 (Εικόνα 86) παρουσιάστηκε από την IBM στην αγορά το 1966 ως ο γρηγορότερος και πιο ισχυρός υπολογιστής (O'Regan, 2012). Απευθυνόταν κυρίως σε εφαρμογές που απαιτούσαν πολλούς και

πολύπλοκους υπολογισμούς, όπως εξερεύνηση του διαστήματος, αστρονομία, φυσική κ.λπ.

Η μεγάλη υπολογιστική του ισχύς προκαλούνταν από το συνδυασμό των προηγμένων τεχνολογιών του, όπως τη χρήση βελτιωμένων κυκλωμάτων ή τις παράλληλες επεξεργασίες (O'Regan, 2012). Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα μπορούσε να πραγματοποιήσει 34.500 εντολές το δευτερόλεπτο, ενώ η μνήμη του ήταν από 8 έως 64 KB (O'Regan, 2012). Το επόμενο μοντέλο (91) της σειράς 360, που παρουσιάστηκε το 1967 μπορούσε να πραγματοποιήσει 16,6 εκατομμύρια εντολές το δευτερόλεπτο (O'Regan, 2012).



Εικόνα 84. Χρήση του IBM 360 στη NASA

3.4.2. UNIVAC 1108

Ο Univac 1108 ανακοινώθηκε το 1964 και παρουσιάστηκε στα τέλη του 1965 (O'Regan, 2012).

Όπως ο IBM 360, έτσι και ο 1108 χρησιμοποιούσε ένα συνδυασμό από ολοκληρωμένα κυκλώματα και τρανζίστορ (O'Regan, 2012). Η μνήμη που χρησιμοποιούσε ήταν ταχύτερη (125 σε σχέση με 670 νανοδευτερόλεπτα) από αυτή του προηγούμενου μοντέλου (1107), ο οποίος χρησιμοποιούσε μνήμες λεπτού φιλμ. Η αρχική έκδοση του 1108 είχε 65.536 λέξεις οργανωμένες σε δύο τμήματα (O'Regan, 2012).

Στη δομή του είχαν καταχωρηθεί δύο σημαντικές βελτιώσεις έναντι των προηγούμενων υπολογιστών (O'Regan, 2012):

1. Οι καταχωρητές βάσης. Υπήρχαν πλέον δύο καταχωρητές βάσεις, έτσι ώστε η διευθυνσιοδότηση του προγράμματος να γίνεται σχετικά με τις τιμές των συγκεκριμένων καταχωρητών.
2. Οι πρόσθετες οδηγίες υλικού. Συμπεριλαμβάνονταν πρόσθετες οδηγίες υλικού με εντολές αριθμητικής διπλής ακρίβειας κινητής υποδιαστολής, πρόσθεσης και αφαίρεσης διπλής ακρίβειας, διάφορες εντολές φόρτωσης και αποθήκευσης για double word και εντολές σύγκρισης.

Ο επεξεργαστής του 1108, είχε σύνολο 16 κανάλια εισόδου εξόδου για σύνδεση με περιφερειακές συσκευές (Εικόνα 87) ενώ ο προγραμματισμός τους, γινόταν με συγκεκριμένες εντολές γλώσσας μηχανής (O'Regan, 2012).



Εικόνα 85. Η κονσόλα του 1108

3.5. 4^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1971- 1990)

Κύριο χαρακτηριστικό της 4^{ης} γενιάς των υπολογιστών είναι ότι χρησιμοποιούνται μεγάλου μεγέθους ολοκληρωμένα κυκλώματα [Large Scale (LSI), Very Large Scale (VLSI) και Ultra Large Scale (ULSI)] έναντι των μικρότερων του παρελθόντος [Small Scale και Medium Scale] (O'Regan, 2012). Έτσι σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα μπορούν να περιέχονται εκατομμύρια ηλεκτρονικά εξαρτήματα και οι υπολογιστές γίνονται μικρότεροι σε μέγεθος και ταχύτεροι (O'Regan, 2012).

Παράλληλα, πραγματοποιείται κατ'εξακολούθηση η χρήση των μικροεπεξεργαστών. Ένας μικροεπεξεργαστής μπορεί να περιλαμβάνει χιλιάδες ολοκληρωμένα κυκλώματα και το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό λογίζεται εξαιρετικά χρήσιμο στην

εξοικονόμηση χώρου. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί το chip 4004 (Εικόνα 88) της Intel του έτους 1971, στο οποίο περιλαμβάνονταν όλα τα βασικά εξαρτήματα ενός υπολογιστή (Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας, Μνήμη έως και τους ελεγκτές εισόδου και εξόδου).



Εικόνα 86. Intel 4004

Έτος σταθμός θεωρείται η παρουσίαση από την IBM του πρώτου Προσωπικού Υπολογιστή (Personal Computer, PC) που στηρίζεται ακριβώς στην αξιοποίηση της λειτουργίας των μικροεπεξεργαστών (Εικόνα 89).



Εικόνα 87. Personal Computer - IBM

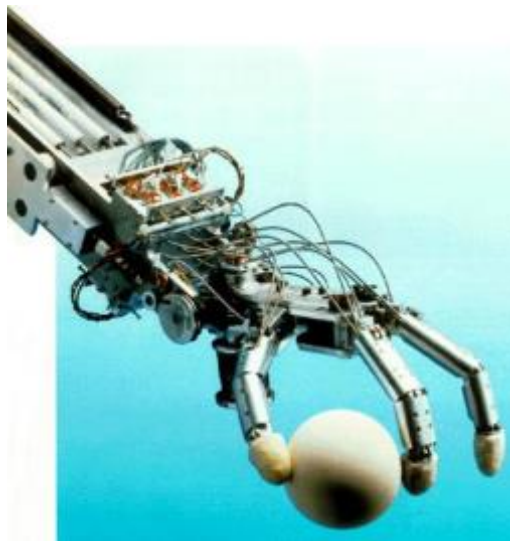
3.6. 5^η ΓΕΝΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (1990 – έως σήμερα)

Η τελευταία γενιά των υπολογιστών, η 5^η, θεωρείται ότι ξεκίνησε από την Ιαπωνία όταν τέθηκε σε εφαρμογή το 1982 ένα πρόγραμμα ανάπτυξης υπολογιστών νέας γενιάς. Ο στόχος του προγράμματος αφορούσε στην δημιουργία υπολογιστών που προσιδιάζουν στους ανθρώπους όχι μόνο αναφορικά με το software αλλά και το hardware και πλέον προωθείται από σύνολο χωρών.

Έτσι, η εστίαση δίνεται στην κατασκευή «υπερυπολογιστών» που θα μπορούν να εκτελούν μηχανικές εργασίες - επίσης θα είναι «σκεπτόμενοι» και με δυνατότητες μάθησης.

Η Μηχανική Εκμάθηση (Machine Learning) - ορίζεται από τον Arthur Samuel ως το «το πεδίο μελέτης το οποίο δίνει στους Η/Υ την ικανότητα να μαθαίνουν, χωρίς να έχουν ρητά προγραμματιστεί» - ανοίγει νέους ορίζοντες στην ανάπτυξη των υπολογιστών, με την εξέλιξη των οποίων το πολύ σημαντικό αυτό πεδίο θα εξελιχτεί περαιτέρω.

Ενδεικτικά, στην Εικόνα 90 παρουσιάζεται μερική κατασκευή ρομπότ, του οποίου οι αρθρώσεις του χεριού μπορούν να κάμπτονται από ηλεκτρικά μοτέρ (actuators), πλήρως ελεγχόμενα από μικροϋπολογιστή στο επάνω μέρος του βραχίονα.



Εικόνα 88. Αρθρώσεις βραχίονα ρομπότ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ιδέα της υλοποίησης μίας υπολογιστικής μηχανής αν και εξαιρετικά παλιά, ακολούθησε μία πορεία ως την επίτευξή της που υπήρξε ιδιαίτερα μακρά.

Προφανώς, η υλοποίηση μίας μηχανικής ιδέας δεν άπτεται μόνο θεμάτων σχεδιαστικής ικανότητας αλλά συναρτάται άμεσα από την εξέλιξη της τεχνολογίας και των ιδιαίτερων κοινωνικοπολιτισμικών συγκυριών μέσα στην οποία εξελίσσεται (O'Regan, 2012). Συνακόλουθα, κρίνεται πάντα απαραίτητη μία υιοθέτηση ιστορικής προσέγγισης της στο χρόνο.

Η παρούσα εργασία, διαπραγματεύεται το παρόν ζήτημα, θέτοντας την οπτική γωνία από την πλευρά της ανασκόπησης της εξέλιξης των υπολογιστών σε άμεση συνάρτηση με την εξέλιξη της τεχνολογίας (Tatnall, 2012). Διαρθρώνεται σε περιόδους που αφορούν τις απαρχές της μηχανικής, την αυτοματοποίηση και τον έλεγχο στη μηχανική, τη συμβολή της ηλεκτρολογίας και τέλος της ηλεκτρονικής.

Τα κύρια συμπεράσματα που προκύπτουν, αφορούν στην υιοθέτηση μίας στρατηγικής κατανόησης των φαινομένων επίλυσης των μαθηματικών ζητημάτων και κυρίως στην αναγκαιότητα διεύρυνσης των φακών προβληματισμού.

Οι κύριες εφευρέσεις διαρθρώθηκαν στη βάση την αναγκαιότητα επίλυσης προβλημάτων και επέκτασης των ικανοτήτων του ανθρώπινου νου (Tatnall, 2012). Ωστόσο, διαχειρίστηκαν το θέμα με τρόπο καινοτόμο και τις περισσότερες φορές καθόλου εντός των προδιαγεγραμμένων ορίων (O'Regan, 2012).

Έτσι, παρατηρούμε ότι η πορεία των υπολογιστών, ξεπέρασε κατά πολύ τον αρχικό της στόχο και προέκτεινε τις διαστάσεις της σε πεδία που δεν μπορούσε να διανοηθεί ο κοινός άνθρωπος.

Κατ'αντιστοιχία, περιμένουμε η 5^η γενιά υπολογιστών να ξεπεράσει τις προσδοκίες του στόχου της δημιουργίας νοήμωνων μηχανών που θα είναι συγκροτημένες με ανθρώπινη υπόσταση. Αναμένουμε, βέβαια να δημιουργήσει πεδία δράσης τα οποία δυσκολευόμαστε να φανταστούμε. Ο νόμος του Murthy θεωρείται από πολλούς ξεπερασμένος πλέον εφόσον οι μικροεπεξεργαστές έχουν καταφέρει το αδιανόητο για άλλη εποχή. Απαιτείται, προφανώς, ένας άλλος νόμος που θα περιγράφει την εξέλιξη των υπολογιστών στο απώτερο μέλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Davis, M. (2007). *Μηχανές της λογικής* (Στ. Ζάχος, Μεταφ.). Αθήνα: Εκκρεμές.
- Derek J. de Solla, P. (1997). *Γρανάζια από τους Έλληνες: Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων: Ένας ημερολογιακός δείκτης από το 80 π.Χ.* (Μετάφραση Ν. Οικονόμου). Θεσσαλονίκη: Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης.
- Δημαρόγκωνας, Α. (2004). *Η ιστορία της Τεχνολογίας* (τόμος Ι). Αθήνα: Μακεδονικές Εκδόσεις.
- Field, J.V. & Wright, M.T. (1997). *Πρώιμα γρανάζια, μηχανισμοί οδοντωτών τροχών στην αρχαιότητα και τον μεσαίωνα* (Ν. Οικονόμου, Μεταφρ.). Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Frank, Da C. (2004). The IBM automatic sequence controlled calculator. *Columbia University Computing Hsitory: A Chronology of Computing at Columbia University*. Retrieved at: www.columbia.edu/cu/computinghistory/mark1.html (February 25.2017).
- Gleick, J. (2011). *The information: A history, a theory, a flood*. New York: Pantheon Books.

- Haigh, Th. (2004). The history of computing: An introduction for the computer scientist. In A. Akera & W. Aspray (Eds.), *Using History to teach computer science and related disciplines* (5-27). Washington DC: Computing Research Association.
- Hassan, A.Y. & Hill, D.R. (1986). *Islamic Technology: An illustrated history*. Cambridge University Press.
- Hill, D.R. (1998). *Studies in Medieval Islamic Technology* (D.A. King, ed.). Ashgate: Variorum Collected Studies Series.
- Johnson, S. (1997). Making the arithmometer count. *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 52, 12-21.
- Oxford English Dictionary* (3rd edition) (2010). Oxford: Oxford University of Press.
- O'Regan, G. (2012). *A brief history of computing*(2nd edition). London: Springer-Verlag.
- McCartney, Σ. (1999). *The triumphs and tragedies of the world's first computer*. New York: Walker and Company.
- Κοτσανάς, Κ. (2011). *Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία. Οι εφευρέσεις των αρχαίων Ελλήνων*. Αυτοέκδοση.
- Λάζος, Δ.Χ. (1993). *Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα*. Αθήνα: Αίολος.
- Rojas, R. & Hashagen, U. (Editors) (2000). *The first Computers-History and architectures*. London: The MIT Press.
- Σπύρου, Ν. (1998). *Ίωνες Φιλόσοφοι και Κοσμολογική Επιστήμη*. Αθήνα: Απόλλους.
- Tatnall, A. (2012). *History of Computers: Hardware and Software Development*. Ramsey, Isle of Man: UNESCO-Eolss.

Usher, A.P. (1988). *A History of Mechanical Interventions*. (Revised Edition) Mineola, N.Y.: Dover Publications, Inc. (Originally published in 1929 by Harvard University Press in Cambridge, Mass).

Zuse, K. (1993). *The Computer – My life*. (translated from the original German edition (1984): *Der Computer – Mein Lebenswerk*. Springer.) Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

Ceruzzi P. (2003). *A History of Modern Computing* (2nd edition) MIT Publishing.