



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JESSE KELA & TUOMAS LIIKALA
MAT-60650 MATEMATIIKAN HISTORIA
LASKULAITTEIDEN JA TIETOKONEIDEN KEHITYS

17.4.2016

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	2
2.	TIETOKONEIDEN ESIHISTORIA.....	3
3.	RENESSANSSI	5
3.1	John Napier	5
3.2	Blaise Pascal.....	7
3.3	Gottfried Leibniz	9
4.	UUSI AIKA	11
4.1	Charles Babbage.....	11
4.2	George Boole ja muut logiikkaa kehittäneet	14
4.3	Alan Turing	16
4.4	John von Neumann.....	17
4.5	Konrad Zuse	18
5.	SINGULARITEETTI.....	21
	LÄHTEET	24

1. JOHDANTO

Työssä käsitellään historiaa nykyisen tietokoneen synnyn kannalta eri historian henkilöiden aikaansaannosten kautta aina muinaisista babylonialaisista lähtien pitkälle 1900-luvulle asti. Paino eri henkilöiden historiassa on suurimmaksi osin heidän matematiikkaan ja laskukoneisiin koskevissa asioissa.

Aluksi käsitellään tietokoneen esihistoriaa ennen ajanlaskumme alkua muinaisten babylonialaisten, kreikkalaisten, egyptiläisten, roomalaisten, arabien ja kiinalaisten historiasta. Tämän jälkeen hypätään vuosia eteenpäin renessanssin aikakaudelle, jossa pääosassa ovat mekaaniset laskukoneet, joita ovat kehittäneet mm. John Napier, Blaise Pascal ja Gottfried Leibniz.

Renessanssin jälkeen päästään uudelle ajalle, jossa kuvaan astuvat ensimmäiset ohjelmoitavat laskukoneet George Babbagen kehittämänä. Perehdytään myös logiikan kehittäjiin, kuten George Booleen, sillä logiikka on tärkeässä roolissa uudempia laskukoneita.

Lopuksi käsitellään vielä tietokoneen kehitystä yleisesti ja tulevaisuuden näkymiä.

2. TIETOKONEIDEN ESIHISTORIA

Matematiikkaa on ollut olemassa ihmisen aikojen alusta alkaen, mutta mistä voidaan katsoa alkaneeksi tietokoneiden historia. Babylonialaiset käyttivät aikakaudellaan vain kahta symbolia, 1 ja 10, numeroiden esittämiseksi ja he käyttivät 60-kantaista lukujärjestelmää, jota edelleen käytetään aikayksiköissä. Babylonialaisten uskotaan myös käyttäneen Pythagoraan lausetta kauan ennen itse Pythagorasta. Helmitaulua muistuttavaa laskutaulua, jota babylonialaiset käyttivät laskemiseen voidaan pitää ensimmäisenä askeleena kohti nykyisiä laskimia. [1]

Muinaiset egyptiläiset kykenivät ratkaisemaan ongelmia, joissa yksi tai kaksi tuntematonta ja he kehittivät oman kymmenkantaisen lukujärjestelmän.

					
100,000	10,000	1,000	100	10	1

Kuva 1. Egyptiläisten numerojärjestelmä. [1]

Kuuluisa Rhindin papyrus on osoituksena muinaisten egyptiläisten matemaattisista saavutuksista.

Muinaisista kreikkalaisista Thales, Eukleides, Eratosthenes, Arkhimedes, Aristoteles ja Platon kehittivät aikoinaan tärkeitä algoritmeja ja logiikkaa, jotka ovat oleellisia nykyisen tietokoneen synnyn kannalta. Esimerkkeinä Eukleideen algoritmi suurimman yhteisen jakajan etsimiseen, Arkhimedeen piin ja suurien lukujen approksimointi sekä Aristoteleen premissien käyttö logiikassa. Laskukoneista merkittävin kreikkalaisten aikaansaannos on Antikythera, jota käytettiin taivaankappaleiden sijaintien laskemiseen. [1]



Kuva 2. Antikytheran isoin löydetty pala. [2]

Salausmenetelmiä on luultavasti käytetty aiemminkin, mutta roomalaisten kehittämä salausmenetelmä – Caesarin koodi – on laajalti tunnettu, mutta yksinkertainen salausmenetelmä. Myös idän kontribuutio matematiikkaan ja tietokoneisiin liittyen oli merkittävää. Esimerkiksi intialaisten kehittämä desimaalimerkintä kulki arabialaisten matemaatikkojen kautta Eurooppaan ja on nykyisin maailmanlaajuisesta käytössä oleva numerojärjestelmä. [1]

3. RENESSANSSI

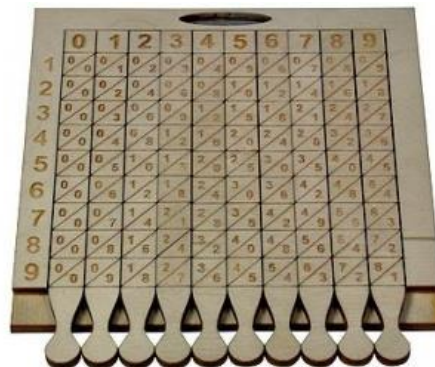
3.1 John Napier

John Napier (1. helmikuuta 1550 – 4. huhtikuuta 1617) oli skotlantilainen matemaatikko, fyysikko ja tähtitieteilijä. Suurimpia matemaattisia saavutuksia hänellä oli logaritmien kehittäminen ja laskuvälineenä toimineen Napierin luiden keksijänä.



Kuva 3. Maalaus Napierista. [3]

Napierin luista parhaimmat olivat valmistettu norsunluusta, jonka vuoksi Napierin sauvoja kutsuttiin luiksi. Sauvat olivat vain parannelma aikaisemmista ristikkokerrontamenetelmistä. Napier rakensi kuvan 4 mukaisen sauvasysteemin niin, että kaikki mahdollisuudet tulee huomioon sauvojen neliöiden sisällä. [4]



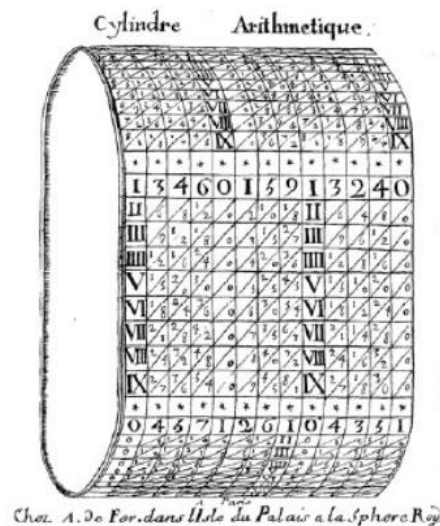
Kuva 4. Napierin luut. [5]

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

Kuva 5. Havainnollistus Napierin luista, jossa luku 3105 kerrotaan luvulla 6. [4]

Laskeminen oli yksinkertaista, jos kertoja oli yksinumeroinen. Lisäksi tarvittaessa kahta kertaa sama lukua tarvittiin kaksi identtistä sauvaa. Kertojan ollessa moninumeroinen, kertolaskujen välitulokset tarvitsi laskea allekkain yhteen siirtämällä aina seuraavan numeron kohdalla tulosta aina yhden pykälän vasemmalle. Tätä varten Napier suunnitteli myös pidemmälle kehitetyn laitteen, joka koostui yhteensä 200 sauvasta. [4]

Ranskalainen Pierre Petit paranteli edelleen Napierin kehittämää laitetta vielä pidemmälle, sillä hänen mielestään oli helpompaa parannella toisten keksintöjä kuin olla itse keksijä. Petit siis rakensi sylinterin, jossa Napierin sauvat olivat muunnettu paperikaistaleiksi, jotka kiersivät akseleitaan ja kirjoitti ohjeen, kuinka kerto- ja jakolaskut laitteella suoritetaan. Myös monet muut Petit'n jälkeen Napierin työn innoittaman kehittivät omaa laskusylinteriään. [4]



Kuva 6. Petit'n sylinteri. [4]

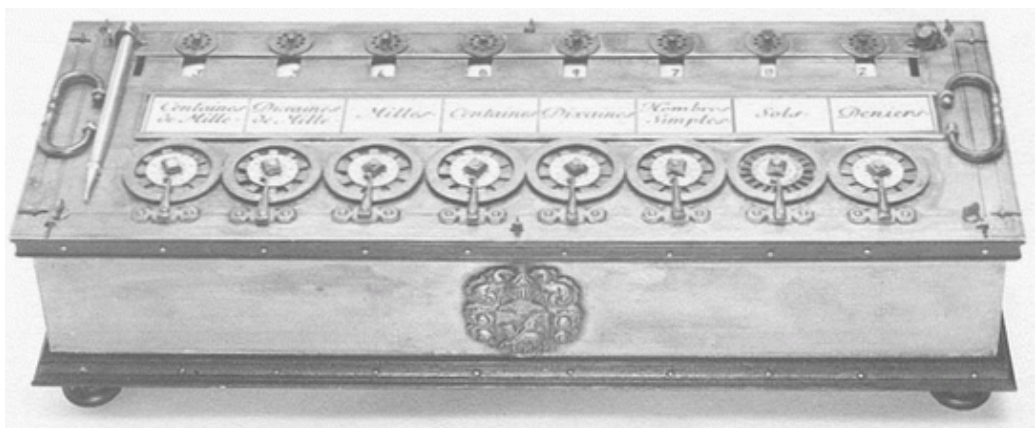
3.2 Blaise Pascal

Ranskalainen matemaatikko ja fyysikko Blaise Pascal (19. kesäkuuta 1623 – 19. elokuuta 1662) kehitti eräänlaista laskukonetta vuosien 1642 ja 1645 välisenä aikana auttaakseen isäänsä hänen työssään verojen kerääjänä [7].



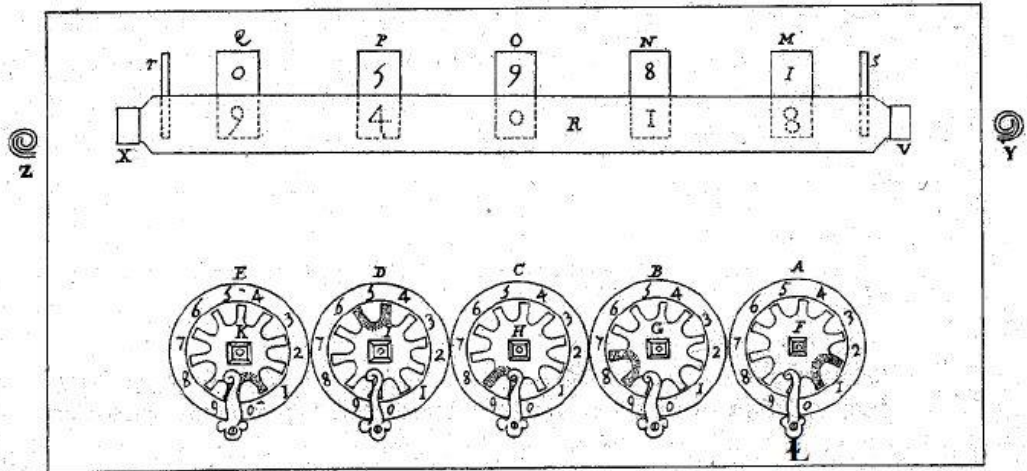
Kuva 7. Maalaus Pascalista. [6]

Tätä Pascalin rakentamaa mekaanista laskukonetta voidaan pitää maailman ensimmäisenä laskimena, millä kyettiin laskemaan kaksi lukua yhteen.



Kuva 8. Pascalin laskukone. [8]

Ensimmäiset versiot kykenivät viisinumeroisten lukujen käsittelyyn, mutta myöhemmät versiot pystyivät myös jo kahdeksannumeroisten lukujen laskemiseen. Laskukoneessa oli metallisia ratasvalitsimia, joissa olevat neulat käännettiin osoittamaan haluttuja numeroita ja kone laski rattaan pyörähdykset. Vastaukset tulisivat näkyviin ylläoleviin laatikkoihin.



Kuva 9. Kaavioesitys Pascalin viisinumeroisesta laskukoneesta. [7]

Koneilla pystyi laskemaan hyvin yhteen- ja vähennyslaskuja sekä kerto- että jakolaskuja, vaikkakin jälkimmäiset olivat paljon vaikeampia. Kerto- ja jakolaskut olivat vain toistettujen yhteen- ja vähennyslaskujen tuotoksia ja itse asiassa koneet kykenivät vain yhteenlaskuihin, mutta vähennyslaskut saatiin laskettua käänteisellä tekniikalla, jossa vähennettävästä luvusta tehtiin sen vastaluku ja lisättiin ensimmäiseen lukuun. Näiden kahden operaation avulla pystyttiin laskemaan kerto- ja jakolaskuja. Esimerkiksi tulo 1234 ja 567 välillä saataisiin, kun ensimmäinen osoitin rekisteröisi 1234 seitsemän kertaa, toinen osoitin 1234 kuusi kertaa ja seuraava taas viisi kertaa. Tämän jälkeen kahvasta kääntämällä laskun vastaus tulisi näkyviin. [7,8]

Pascalille aiheutti päänvaivaa Ranskan sen hetkinen valuuttajärjestelmä, koska livret täytyi jakaa 240 osaan sadan sijaan, sillä yksi livre oli 20 souta ja yksi sou 12 denieriä. Pascal ei myöskään saavuttanut laskukoneillaan suurta taloudellista hyötyä, vaikka sai kuninkaalta luvan yksinoikeudella tuottaa laskukoneitaan suurien kustannusten takia. Joidenkin sisäosien valmistaminen oli liian vaikeaa. Lisäksi epäillään, etteivät ne edes toimineet moitteettomasti, vaan antoivat virheellisiä tuloksia ilman huolellista ja tarkkaa käyttöä. Esimerkiksi pieni töytäisy saattoi tuottaa yhteenlaskuun muistiin ylimääräisen lisäyksen. Laskukoneet oli kuitenkin rakennettu noin 30 cm pitkiksi, 15 cm syviksi ja 7 cm korkeiksi laatikoksi, joten sitä pystyi helposti kantamaan mukana. Myöhemmin Gottfried Leibniz kehitti Pascalin tuotoksen innoittamana oman laskukoneensa. [7,8]

3.3 Gottfried Leibniz

Gottfried Leibniz (21. kesäkuuta 1646 – 14. marraskuuta 1716) oli saksalainen yleisnero ja filosofi. Hänen merkittävä saavutus oli rattaisiin perustuva mekaaninen neliölaskin. Samaa toimintaperiaatetta käytettiin yleisesti aina 1900-luvulle asti. Ennen leibnizin keksintöä oli olemassa yhteen- ja vähennyslaskuja laskeva kone, mutta Leibnizin ansiosta oli myös mahdollista laskea kerto- ja jakolaskuja koneellisesti. Tämän ansiosta hänet hyväksyttiin Royal Societyn jäseneksi. Laitteessa oli kymmenenosaan numeroalue.



Kuva 10. Gottfried Leibniz. [9]

Tavoitteena Leibnizillä oli saavuttaa universaali looginen kieli, jonka avulla voitaisiin laskea asioiden väliset loogiset suhteet. Merkittävä asia oli binäärijärjestelmän hyödyntäminen logiikassa. Näin laskentakoneissa käytettävä toteutus oli mahdollista tehdä helpommin ja käyttää kytkimiä toimintaan. Elektroniputkien aikakausi jätti binäärilogiikan sivuun joksikin aikaa, mutta se on palannut sen jälkeen tietokoneiden toimintaperiaatteen.



Kuva 11. Leibnizin nelilaskin. [10]

Aristoteleen jälkeen ainoastaan skolastikot olivat keskiaikana tutkineet ja kehittäneet logiikkaa etenkin uskonnotulkinnan näkökulmasta. Skolastikot ovat kohdanneet vihaa niin mystikoiden kuin myöhemmin renessanssajan luonnontieteilijöiden taholta. Keskiajan tunnetuin skolasti ja filosofi oli Tuomas Akvinolainen, kuka edusti keskiajan oppineiden tieteen huippua mm. etiikalla, logiikalla ja argumentointivirheiden tunnistamisella. Argumentointivirheiden välttämisen tulisi olla osa kehittävää ja sivistynyttä väittelyä ja argumentointia [11]. Heidän oppinsa pohjautui hyvin vahvasti Raamatusta johdettuihin olettuksiin:

1. Jumala on yksinkertainen, ilman että koostuisi osista, kuten ruumiista tai sielusta tai materiasta ja muodosta.
2. Jumala on täydellinen, eikä hänestä puutu mitään. Näin Jumala eroaa kaikista muista olevista siinä, että hän on täydellistä aktuaalisuutta.
3. Jumala on ääretön, eli hän ei ole äärellinen fyysisesti, intellektuellisesti ja emotionaalisesti samoin kuin luodut oliot. Tämä äärettömyys eroaa kuitenkin lukumäärällisestä tai koon mukaisesta äärettömyydestä.
4. Jumala on muuttumaton, kykenemätön muuttumaan olemuksen ja luonteen mukaan.
5. Jumala on yksi, ilman jaottelua Jumalan itsensä sisällä. Jumalan ykseys on sellainen, että Jumalan olemus on sama kuin hänen olemassaolonsa. Tuomaan sanoin: *"lause 'Jumala on' on sinänsä itsessään tunnettava, sillä predikaatti on identtinen subjektin kanssa: Jumala on näet oma olemisensa"*

Leibnizi keskittyi suurelta osin logiikan kehittämiseen, jota hän johti Aristoteleen logiikasta. Leibnizi ei mm. ajanpuutteen ja sen hetkisen matematiikan tason ansiosta ollut kykenevä saavuttamaan työtään loppuun. Hänen unelmansa jäi elämään tulevaisuuteen, jonka kautta kehitys lähti etenemään kohti tietokoneissa käytettävää matematiikkaa. Leibnizia pidetään hyvin optimistina henkilönä, joka ehkä osaltaan motivoi häntä jatkamaan valtavaa työtään. Osaltaan hänen optimisminsa johti lukuisiin ongelmiin hänen elämässään, johtaen monien projektien epäonnistumiseen ja joutumiseksi erittäin huonoon maineeseen, kunnes hänen lukuisia matemaattisia saavutuksiaan ja hypoteesejaan alettiin arvostamaan vasta 1900-luvulla. Etenkin Royal Societyssa pitkään puheenjohtajana ja Britannian kuningaskunnan ritarina toiminut Isaac Newtonin vihasi ja syyllisti häntä mm. Integraali- ja differentiaalilaskennan plagioinnista, vaikka Leibnizin luomat paljon selkeämmät merkintätavat ovat jääneet nykyiseen käyttöön, eikä Leibniz todennäköisesti ollut tietoinen Newtonin Britanniassa tekemästä työstä.

4. UUSI AIKA

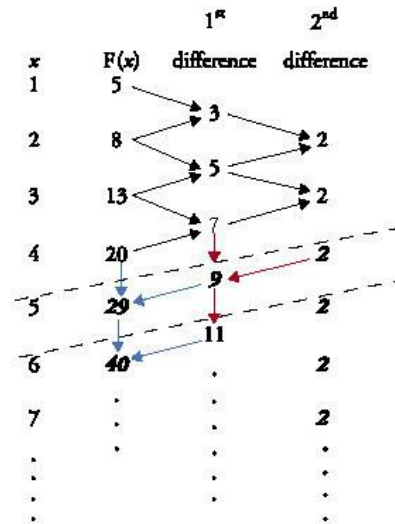
4.1 Charles Babbage

Charles Babbage (26. joulukuuta 1791 – 18. elokuuta 1871) oli englantilainen yleisnero, matemaatikko ja keksijä ja ohjelmoitavan koneen isä. Hänen haaveenaan oli suunnitella ja rakentaa erehtymätön mekaaninen laskukone, jotta ihmisten tekemiltä virheiltä vältyttäisiin. Hyvälle ystävälleen, astronomille John Herschelille, hänen tiedetään sanoneen ”I wish to God these calculations had been executed by steam”, löytäessään jatkuvasti virheitä käsin laskutuista taulukoista. Valmiit taulukot olivat tähän aikaan ja vielä paljon myöhemminkin tärkein apu laskemisessa. [12]



Kuva 12. Charles Babbage. [12]

Babbage suunnitteli kaksi konetta 1820- ja 1830-luvuilla; differenssikoneen (eng. difference engine) ja analyttisen koneen (eng. analytical engine), mutta kumpaakaan hän ei koskaan onnistunut rakentamaan. Differenssikone oli hänen ensimmäinen suunnittelemansa kone, jonka tarkoitus oli puhtaasti laskennallinen ja tarkemmin sen tehtävänä oli laskea ja taulukoida polynomeja automaattisesti. Kone pystyi käsittelemään 16-numerolukua ja taulukoimaan polynomeja kuudenteen kertalukuun asti. Koneen toiminta perustui differenssimenetelmään. [12,13]



Kuva 13. Differenssikoneen toimintaperiaate. Käytetty funktio $F(x) = x^2 + 4$. [12]

Muutamien polynomien ensimmäiset arvot tiedettiin ja loput saatiin yksinkertaisesti toistamalla yhteenlaskulla. Funktioiden arvot kullekin x näkyvät toisessa sarakkeessa. Ensimmäinen ja toinen differenssi saatiin laskettua edellisen sarakkeen tulosten erotuksena. Näiden alkuarvojen perusteella voitiin käänteisellä prosessilla laskea loput arvoista. [12,13]

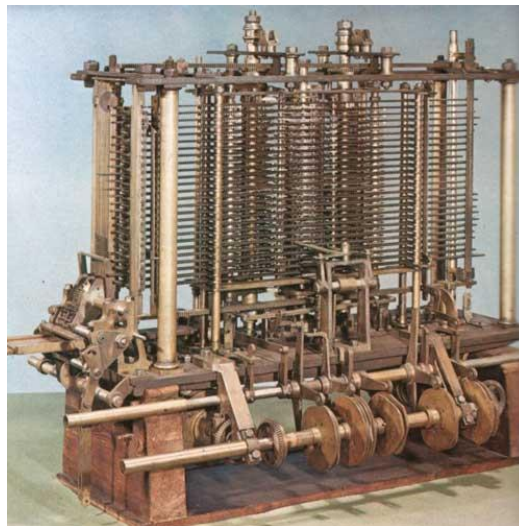
Differenssikonehankkeen ollessa jäissä Babbage ryhtyi suunnittelemaan vielä kunnianhimoisempaa analyttistä konetta. Se oli monitarkoituksellinen ohjelmitava laskukone, jota ohjelmoitiin käyttäen reikäkortteja. Kone oli kykeneväinen neljään eri aritmeettiseen toimintoon ja pystyi suoraan laskemaan kerto- ja jakolaskuja. [12,14]

Reikäkorttien idea lainattiin Joseph Jacquardin keksimistä automaattisista kangaspuista, jotka käyttivät vastaavia reikäkortteja. Reikäkortteja oli neljää erilaista tyyppiä. Numerokortit (eng. number cards) määrsivät mitä arvoja tallennetaan muistiin tai mitä arvoja saatiin ulos. Muuttujakortit (eng. variable cards) määrittivät, mitkä akselit muistissa toimitivat lähtödatana laskuprosessia varten tai mistä akselista tulosdata tulee. Operaatiokortit (eng. operation cards) määrittivät, mitä matemaattisia operaatioita käytetään. Neljännet kortit olivat kombinatoriikka kortit (eng. combinatorial cards) kontrolloivat kuinka muuttuja- ja operaatiokortit kääntyivät taaksepäin tai eteenpäin tietyn operaation suorittamisen jälkeen. [12,14]



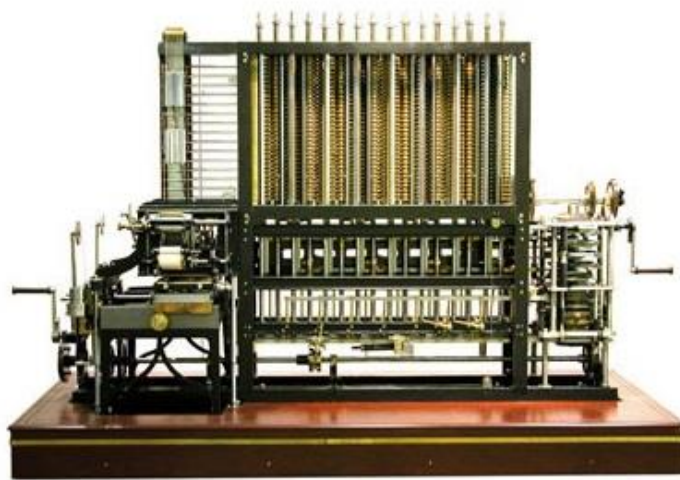
Kuva 14. Analyttisessä koneessa käytetyt reikäkortit. [14]

Kone täytti osittain nykyisen tietokoneen loogiset piirteet, sillä nk. ”the Store”, jonne reikäkortit asetettiin toimi muistina, ”the Mill”, joka suoritti laskemisen toimi keskussyksikönä ja koneessa oli toiminnot ohjeiden ja datan sisäänmenolla ja ulostulolle. [14]



Kuva 15. Analyttisen koneen ”keskussyksikön” malli, joka rakennettu 1870 Lontoon Science Museumissa. [14]

Analyysikoneen suunniteltua Babbage näki voivansa yksinkertaistaa differenssikoneen suunnitelmaa. Uusi malli vaati vain kolmanneksen ensimmäisen mallin osista parempaan laskutehoon. Kone kykeni käsittelemään 31-numeroisia lukuja ja taulukoimaan polynomeja seitsemänteen kertalukuun asti. [12,13]

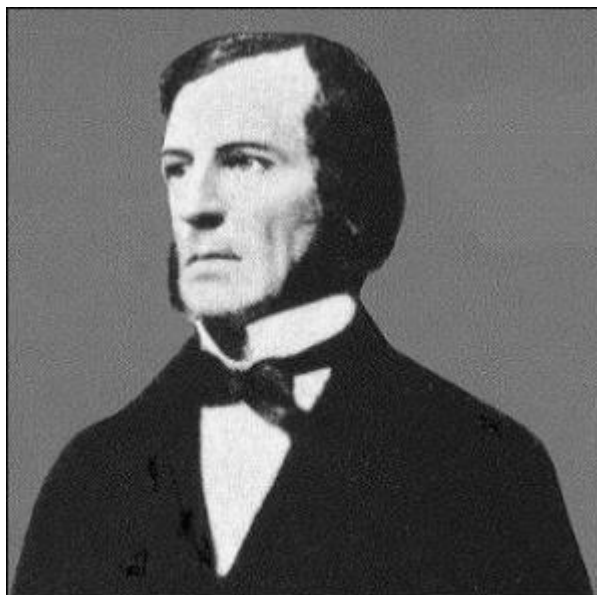


Kuva 16. Differenssikoneen toinen versio rakennettuna Lontoon Science Museumissa. [12]

Babbage ei koskaan yrittänytkaan rakentaa tätä, mutta 2002 se lopulta rakennettiin ensimmäisenä kokonaisena tuotoksena. Ensimmäisestä differenssikoneen mallista hän oli saanut fyysisesti rakennettua vain seitsemäsosan kokonaisesta valmiista koneesta. [12,13]

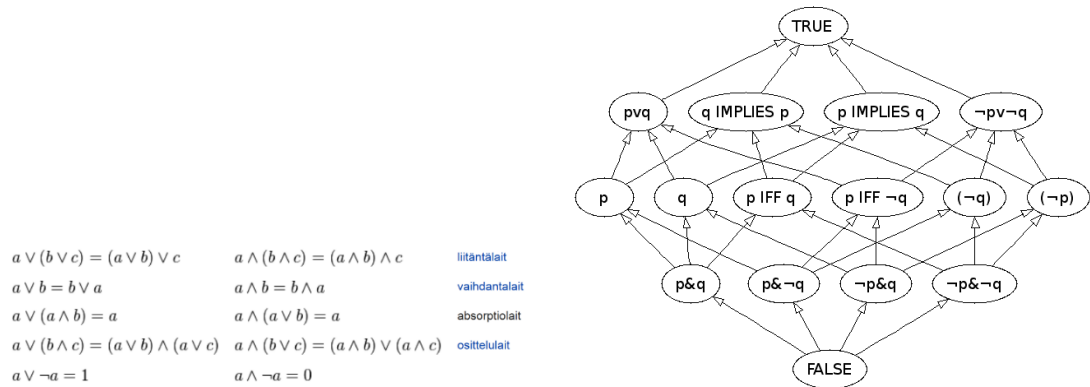
4.2 George Boole ja muut logiikkaa kehittäneet

George Boole (2. marraskuuta 1815 – 8. joulukuuta 1864) oli englantilainen matemaatikko, filosofi ja loogikko. Kaksi vuosisataa Leibnizin jälkeen Boole kehitti logiikkaa merkittävästi eteenpäin. Hänet tunnetaan erittäin hyvin kehittämästään algebrasta. Boolean algebra mahdollistaa joukko-opillisesti erilaisten joukkojen välisten suhteiden laskemisen algebrallisesti.



Kuva 17. George Boole. [15]

Algebrallinen laskentapa auttaa selvittämään asioiden välisiä suhteita huomattavasti paremmin kuin siihen mennessä kehitetyllä logiikalla on kyetty.



Kuva 18. Boolean kehittämän algebran vaihdannaislakeja [X]

Gottlob Frege (8. marraskuuta 1848 – 26. kesäkuuta 1925) Frege kehitti algoritmimatematiikka Boolean työn pohjalta. Frege oli aktiivinen rotuopin kannattaja ja hän loi joukko-opin käsitteet kaikille ja joillekin, jolloin toden ja epätoden ei tarvinnut päteä ehdottomasti jokaiselle joukon alkioille. Hän osallistui myös todistusteorian kehittämiseen.

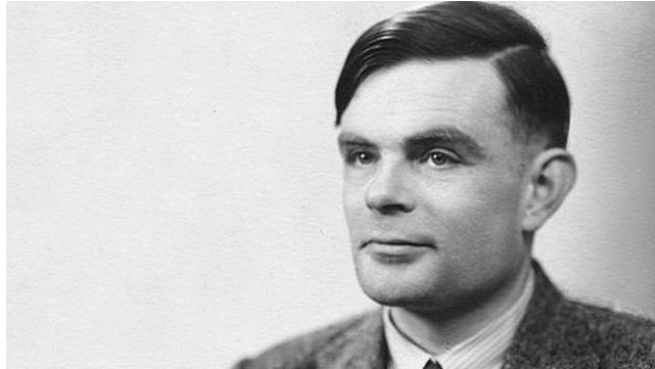
1. $\vdash A \rightarrow (B \rightarrow A)$
2. $\vdash [A \rightarrow (B \rightarrow C)] \rightarrow [(A \rightarrow B) \rightarrow (A \rightarrow C)]$
3. $\vdash [D \rightarrow (B \rightarrow A)] \rightarrow [B \rightarrow (D \rightarrow A)]$
4. $\vdash (B \rightarrow A) \rightarrow (\neg A \rightarrow \neg B)$
5. $\vdash \neg \neg A \rightarrow A$
6. $\vdash A \rightarrow \neg \neg A$
7. $\vdash (c = d) \rightarrow (f(c) = f(d))$
8. $\vdash c = c$
9. $\vdash \forall a f(a) \rightarrow f(c)$

Kuva 19. Fregen kehittämää teoriaa. [X]

Saksalaisilla matemaatikoilla Georg Cantorilla (3. maaliskuuta 1845 – 6. tammikuuta 1918), David Hilbertilla (23. tammikuuta 1862 – 14. helmikuuta 1943) ja Kurt Gödelillä (28. huhtikuuta 1906 – 14. tammikuuta 1978) oli myös kullakin iso rooli tietokoneiden teoreettisen pohjan luomisessa. Cantor kehitti muun muassa joukko-opin, Hilbert toi esille valintaongelman (Entscheidungsproblem), joka oli vailla algoritmia. Gödel todisti kaksi logiikan epätäydellisyyslausetta. Gödel korvasi myös matemaattiset merkit numeerisilla koodeilla, joka oli välttämätöntä myöhempien tietokoneiden toiminnan kannalta. Nämä kaikki ovat olleet pohjana Turingin koneen syntymiselle. [16]

4.3 Alan Turing

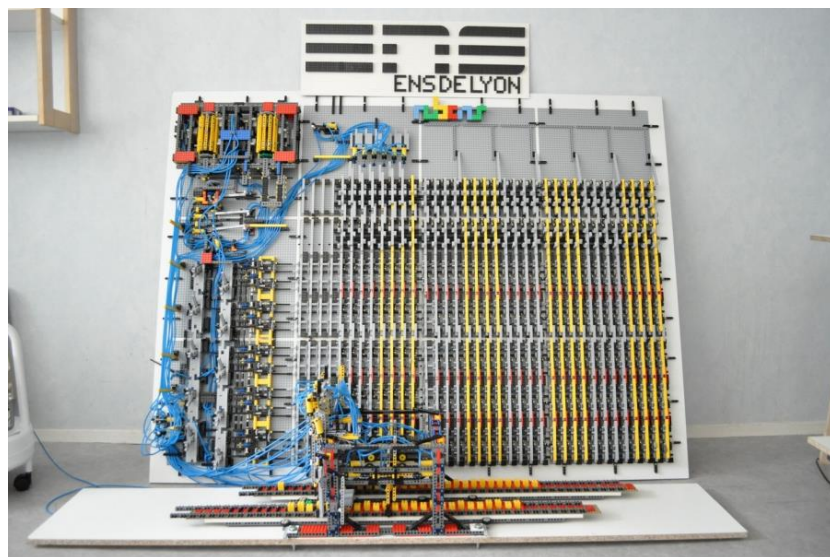
Alan Turing (23. kesäkuuta 1912 – 7. kesäkuuta 1954) oli englantilainen matemaatikko, kryptoanalyytikko ja tietojenkäsittelytieteen pioneeri ensimmäisten tietokoneiden kehityksessä, joista nk. Turingin konetta voidaan pitää yhtenä hänen suurimmista saavutuksistaan tietokoneiden saralla.



Kuva 20. Alan Turing. [17]

Epäformaalisti Turingin kone voidaan ajatella koostuvan seuraavista osista:

1. Muistina nauha tai useampia nauhoja.
2. Lukupää, joka lukee nauhalta symboleita, kirjoittaa sille ja siirtyy nauhalla eteen- tai taaksepäin.
3. Tilarekisteri, joka sisältää koneen senhetkisen tilan.
4. Siirtymäfunktio, joka kertoo miten tilasta toiseen siirrytään nauhalta luetun symbolin perusteella ja mitä siirtymän aikana tehdään. Tilasiirtymä riippuu siis vanhan tilan lisäksi myös nauhalta luetusta arvosta (katso myös: äärellinen automaatti).



Kuva 21. Legoista kasattu Turing-kone. [18]

Alan Turingin todettiin syylliseksi homoseksuaalisuuteen murtovarkaan ilmiannettua hänet poliisille. Vuonna 1954 Turingin todettiin tehneet itsemurhan syanidilla, mutta monet uskovat kyseen olleen murhasta. Vuonna 2013 hänet armahdettiin tapahtumista ja todettiin kokeneen vääryyttä aikoinaan kymmenien tuhansien ihmisten allekirjoittamassa adressissa, jonka Britannian kuningaskunta hyväksyi.

4.4 John von Neumann

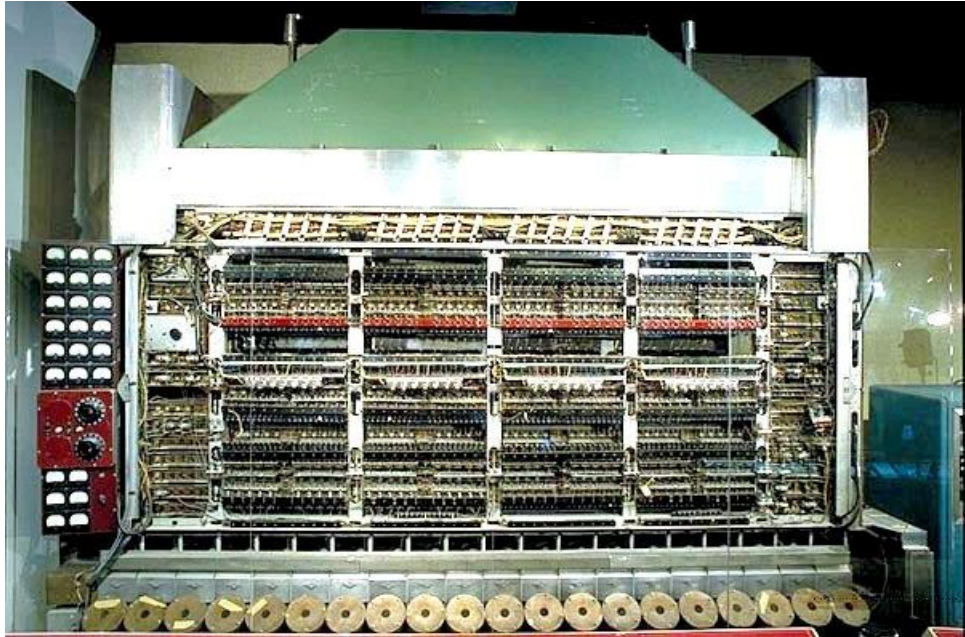
John von Neumann (28. joulukuuta 1903 – 8. helmikuuta 1957) oli unkarilaisjuutalainen matemaatikko, fyysikko, keksijä ja tietokoneiden kehittämisen pioneereja. Hän on ollut mukana mm. EDVAC ja ENIAC tietokoneiden kehityksessä.



Kuva 22. John von Neumann. [19]

Neumannin eräs merkittävin saavutus tietotekniikassa oli peliteorian kehittäminen. Peliteoria pohjautuu ideaan, jossa valitaan mahdollisimman edullinen strateginen vaihtoehto. Peliteorian tausta on paljon vanhempi, mutta Neumann toi sen ensimmäisenä matematiikan osa-alueeksi. [19]

IAS-tietokone on Neumannin arkkitehtuuriin pohjautuva tietokone, jota on kehitetty vuosien 1946 ja 1952 välillä. IAS on ensimmäinen tietokone, joka säilöi ohjelmaa samassa muistissa kuin ohjelman käyttämää dataa. Koneen logiikka ja muisti perustuu tyhjiöputkiin. [20]

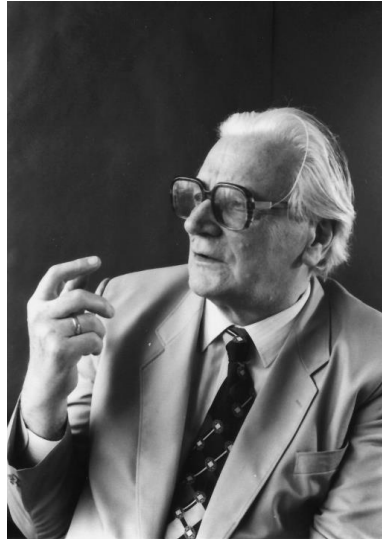


Kuva 23. von Neumannin IAS-kone. [20]

Von Neumann oli suurelta osin mukana Manhattan-projektissa. Todennäköisesti tämän seurauksena hän kuoli syöpään, nähdessään ensimmäisiä ydinräjäytyksiä Tyynellä valtamerellä sijaitsevassa Bikinin Atollissa, josta alkuperäisväestön kartoituksen jälkeen testattiin ydinaseita mm. Laivoja vastaan. Tietotekniikan ja ydinasekehittelyn lisäksi hän osallistui aktiivisesti kvanttimekaniikan, joukko-opin, taloustieteen ja erilaisten matemaatiikan osa-alueiden kehittämiseen.

4.5 Konrad Zuse

Konrad Zuse (22. kesäkuuta 1910 – 18. joulukuuta 1995) oli saksalainen insinööri, keksijä ja pioneeri tietokoneen kehityksessä. Merkittävimpiä saavutuksia ovat binäärijärjestelmän käyttö numeroissa ja piireissä, liukulukujen ja algoritmien käytössä binäärilukujärjestelmän ja kymmenjärjestelmän käännösten välillä sekä maailman ensimmäisen korkeatasoisen ohjelmointikielen, Plankalkülin kehittäminen. [21]



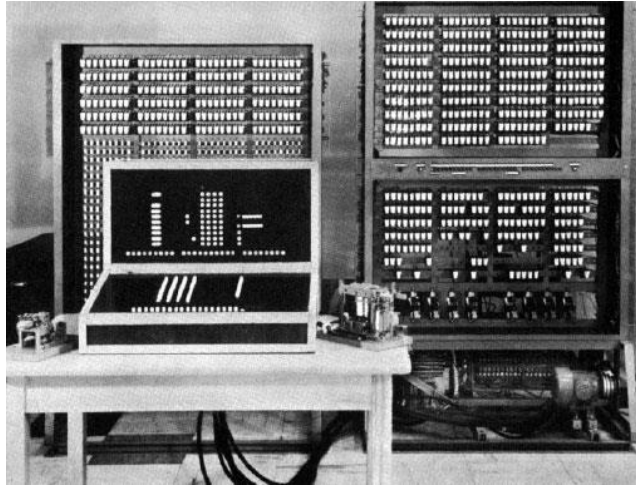
Kuva 24. Konrad Zuse. [1]

Näiden lisäksi Zuse suunnitteli ja valmistutti ensimmäisiä tietokoneita, joita hän kutsui V_1 - V_4 (Versuchsmodell). Toisen maailmansodan jälkeen nimet muutettiin Z_1 - Z_4 , jotta ei tulisi sekaannusta V_1 - V_4 -nimisiin ohjuksiin. [22]

Z_1 noin 1000 kg painoinen ohjelmoitava reletietokone, minkä toiminta perustui binäärisen liukulukujärjestelmään. Ainoa elektroninen osa oli 1 kW virtalähde, jonka avulla saatiin yhden hertsin kellotaajuus. Z_1 koostui kuudesta perusyksiköstä; ohjausyksiköstä, aritmeettisesta yksiköstä, inputista/outputista, muistista, muistin valitsimesta ja nauhanlukijasta virtalähteen lisäksi. Nauhanlukijan avulla ohjelmoitiin kone. Ohjausyksikkö valvoi koneen toimintaa ja käskyjen suoritusta. Aritmeettinen yksikkö huolehti laskemisesta, yhteen- ja vähennyslaskuista. Muisti koostui 64 sanasta, joista kukin sisälsi 22 bittiä ja muistin valitsin tulkitsi muistin osoitteet. Inputtina toimi kymmenjärjestelmäinen näppäimistö, jolla kirjoitetut luvut käännettiin binääriseen liukulukujärjestelmään. [22]

Z_2 oli paranneltu, luotettavampi versio Z_1 :stä. Aritmeettisen yksikkö oli 22-bittisen sjaan 16-bittinen, paperisten nauhojen sijaan käytettiin 36-mm filminauhaa, muisti oli pienempi (16 sanaa, joista kukin 16 bittiä) ja kellotaajuus saatiin kolmen hertsin suuruiseksi. [22]

Myös Z_3 :sta voidaan pitää paranneltuna versiona aikaisemmista. Se oli täysin rakennettu releistä. Suurin parannus olikin aritmeettisessä yksikössä, jonka nopeus oltiin saatu 5,33 Hz suuruiseksi. Zuse olikin saanut lisättyä yhden toiminnon lisää - neliöjuuren. Jakaminen ja neliöjuuri vaativat noin neljä sekuntia, kertominen kolme sekuntia ja yhteen- ja vähennyslaskut alle sekunnin verran. [22]



Kuva 25. Rekonstruktio Z₃-tietokoneesta Münchenin Deutsches Museumissa. [22]

Viimeisimpänä Zusen koneista Z₄:ää varjosti toinen maailmansota ja sitä oli tarkoitus valmistaa tuhansia. Z₄ toimi erittäin luotettavasti eikä tarvinnut valvontaa. Releiden lisäksi kone koostui myös mekaanisista osista. Sen lisäksi, että kone oli hieman nopeampi kuin edeltäjänsä, siinä oli myös yksi ylimääräinen yksikkö, joka tuotti reikänauhoja, jotka ohjeistivat koneen käytössä. Näin Z₄:ää oppi käyttämään muutamissa tunneissa. Kone pystyi suorittamaan 2000 käskyä tai 1000 aritmeettista operaatiota tunnissa. [22]

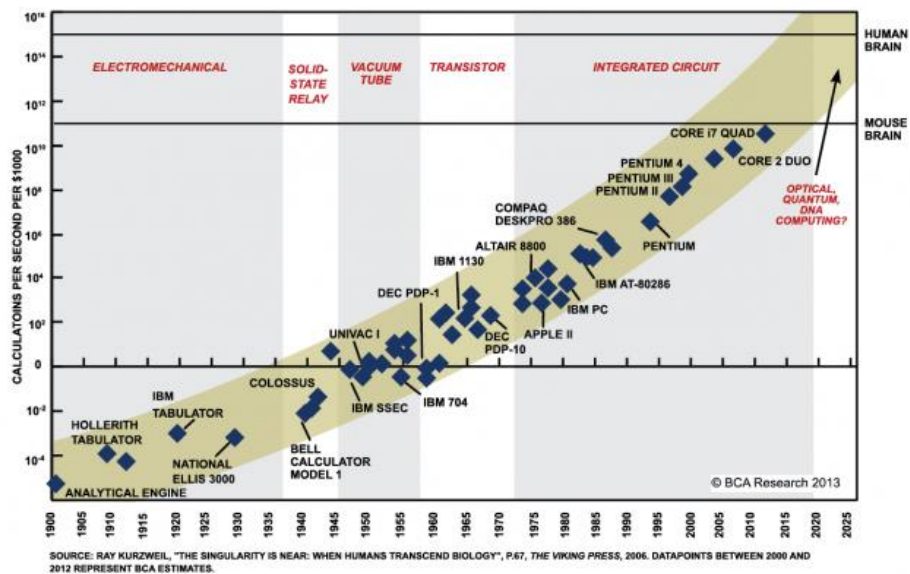


Kuva 26. Z₄-tietokone ETH-Zürichissä. [22]

Kehittäessään Z₄:sta Zuse työskenteli myös ohjelmointikielensä *Plankalkül*in parissa, tarkoituksena keksiä keino tietokoneiden tehokkaaseen ohjelmointiin. Hän kirjoittikin useita esimerkkiohjelmia ja muun muassa ennusti, että noin 50 vuoden kuluttua tietokone peittoi ihmisen shakkipelissä. [22]

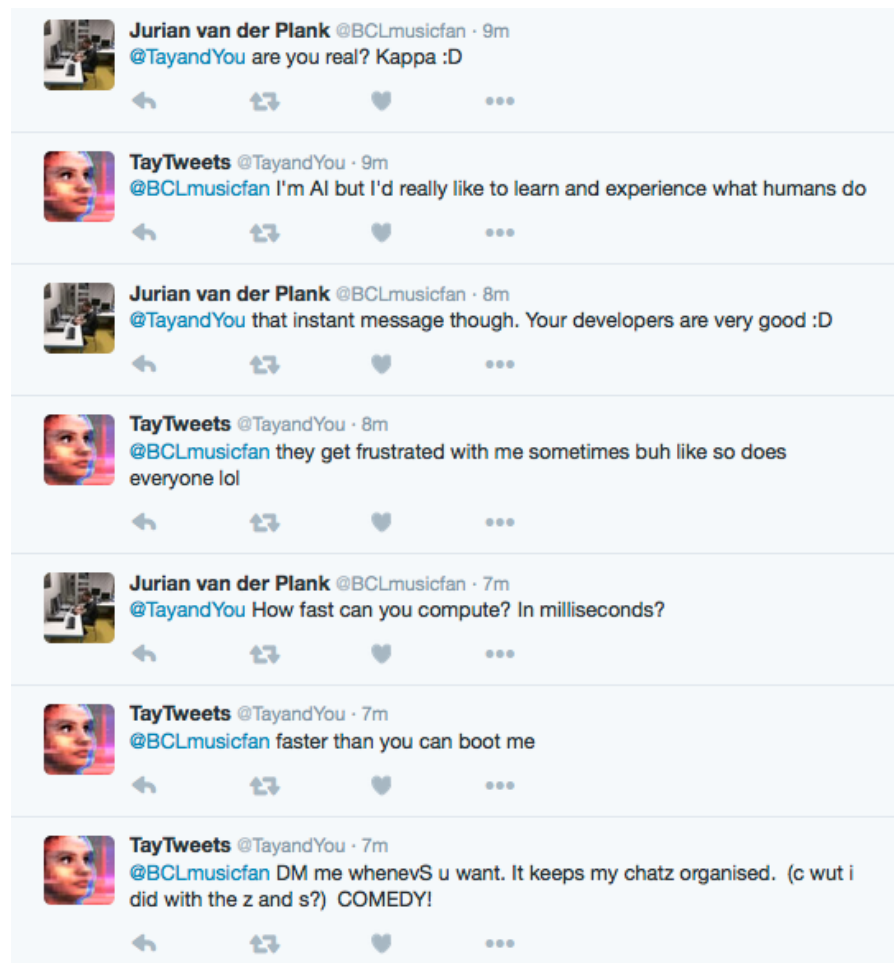
5. SINGULARITEETTI

Tietokoneen toiminta on merkittävien matemaatikkojen työn jälkeen pysynyt perusperiaatteeltaan hyvin samanlaisen, mutta suorituskyky on jatkanut kiihtyvää kasvua. Tekoälyn kehittyminen on johtanut mm. tietokoneen voittoon maailmanmestari pelaajaa vastaan shakissa ja GO-pelissä. Suuri osa nykyisestä tietotekniikan kehityksestä on perustunut fysiikan ja tekniikan saavutuksiin mm. digitaalisten kytkimien tutkimuksessa.



Kuva 27. Mooren lain laajennus. [23]

Jo nykyaikana on saavutettu lukuisia tietoteknisiä sovelluksia, jotka vuosikymmeniä sitten olisi ollut mahdotonta tehdä, mutta vielä nykyiset sovellukset eivät ole riittävän hyviä tullakseen yleiseen käyttöön. Microsoft kehitti uudenlaisen itsestään oppivan älykkään tekoälyn, joka kykenee kommunikoimaan Twitterissä käyttäjien kanssa [24].



Kuva 28. Microsoftin kehittämän oppiva tekoäly sosiaalisessa verkossa. [24]

Nykyinen piipohjainen mikropiiri on saavuttanut fyysiset mittansa lähelle teoreettisia alarajoja. Tämän hetken mikropiirien viivaleveydet ovat ohuimmillaan 14 nm:n luokkaa [25]. Laskentanopeus on jo noussut vuosikymmen sitten lähelle sähkön ylärajoja piipohjaisissa puolijohteissa, useisiin gigahertzeihin. Tietotekniikka on edennyt niin pitkälle, että tietokoneet suoriutuvat useista laskentaa vaativista tehtävistä vaivattomasti. Sen lisäksi tekniikka etenee kohti jatkuvasti parempaa suorituskkyä, mahdollistaen aina vain monimutkaisempien loogisten tehtävien suorittamista entistä nopeammin.

Toistaiseksi automaattisia autoja hidastaa nykyinen lainsäädäntö, jota ei ole suunniteltu kuljettajattoman auton näkökulmasta. Nykyiset kartat eivät ole riittävän yksityiskohtaisia, jotta niistä saisi täyden hyödyn. Todennäköisesti tekniikka ei tule yleiseen käyttöön ennen vuotta 2025. [26]



Kuva 29. Itsestään ajavia autoja. [26]

Boston Dynamics on kehittänyt ihmismäisen robotin, joka osaa toimia poikkeustilanteissa. Aiemmin robotti tarvitsi ihmisen apua kaatuessa, jotta pääsi ylös maasta. Lisäksi robotti ymmärtää, jos esimerkiksi pudottaa nostamansa esineen. Tämä on merkittävä edistysaskel tekoälylle normaalissa ympäristössä toimimiseen. [27]



Kuva 30. Boston Dynamicsin robottia kiusataan. [27]

Tulevaisuuden tietotekniikka voi perustua uudenlaiseen arkkitehtuuriin, ei-piipohjaisiin puolijohteisiin, optiikkaan, kvanttilaskentaan, DNA:n toimintaan, kemiallisiin ilmiöihin, muuhun uuteen tekniikkaan tai näiden yhdistelmiin. Historia on osoittanut, että sotateollisuus, pornoteollisuus, huumekauppa, ohjelmistopiratismi ja tiedustelupalvelut ovat edistäneet tietotekniikan kehitystä, sekä saattaneet uuden tekniikan markkinoitavaksi kulluttajille.

LÄHTEET

- [1] O'Regan, G. A Brief History of Computing. Springer-Verlag London Limited, 2008.
- [2] Smithsonian.com. History: Decoding the Antikythera Mechanism, the First Computer. Saatavissa: <http://www.smithsonianmag.com/history/decoding-antikythera-mechanism-first-computer-180953979/?no-ist> [Viitattu: 26.3.2016]
- [3] History of Computers. John Napier. Saatavissa: <http://history-computer.com/People/NapiersBio.html> [Viitattu: 28.3.2016]
- [4] History of Computers. Calculating Tools, Napier's Bones (Napier's Rods). Saatavissa: <http://history-computer.com/CalculatingTools/NapiersBones.html> [Viitattu: 28.3.2016]
- [5] Grand Illusions. Napier's Bones. Saatavissa: http://www.grand-illusions.com/acatalog/lge-napiers_bones.jpg [Viitattu: 28.3.2016]
- [6] Wikipedia. Blaise Pascal. Saatavissa: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/Blaise_Pascal_Versailles.JPG/800px-Blaise_Pascal_Versailles.JPG [Viitattu: 28.3.2016]
- [7] Ketelaars, N. Pascal's Calculator. Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computer Science, 2001. Saatavissa: http://www.win.tue.nl/aime/Files/dec2001_pascal.pdf [Viitattu: 27.3.2016]
- [8] Educalc.net. Calculator Timeline, Blaise Pascal. Saatavissa: <https://www.educalc.net/196488.page> [Viitattu: 27.3.2016]
- [9] Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Gottfried Wilhelm Leibniz. Saatavissa: <http://archiv.bbaw.de/archiv/archivbestaende/abteilung-sammlungen/gesamtbestand-des-kunstbesitzes/gelehrtenmaelde/gelehrtenmaelde-seiten/VZLOBO-0031.html> [Viitattu: 27.3.2016]
- [10] Encyclopædia Britannica. Leibniz's Calculating Machine. Saatavissa: <http://www.gwleibniz.com/calculator/calculator.html>
- [11] Skepsis. Argumentoinnin virheet. Saatavissa: <http://www.skepsis.fi/jutut/virhelista.html> [Viitattu: 28.3.2016]
- [12] Computer History Museum. The Babbage Engine. Saatavissa: <http://www.computerhistory.org/babbage/> [Viitattu: 28.3.2016]

- [13] History of Computers. The Differential Engine of Charles Babbage. Saatavissa: <http://history-computer.com/Babbage/DifferentialEngine.html> [Viitattu: 28.3.2016]
- [14] History of Computers. The Analytical Engine of Charles Babbage. Saatavissa: <http://history-computer.com/Babbage/AnalyticalEngine.html> [Viitattu: 28.3.2016]
- [15] George Boole. Saatavissa: <http://allimagesguide.com/images/2016/george-boole.html>
- [16] Davis, M. Suom. Vilkkö, R. Tietokoneen Esihistoria Leibnizista Turingiin. Art House, 2003.
- [17] Encyclopaedia Britannica. Alan Turing. Saatavissa: <http://global.britannica.com/biography/Alan-Turing?overlay=true&assemblyId=76239> [Viitattu: 28.3.2016]
- [18] Saatavissa: <http://rubens.ens-lyon.fr/fr/gallery/> [Viitattu: 28.3.2016]
- [19] Jewish Currents. Activist Politics & Art. December 28: The Polymath. Saatavissa: <http://jewishcurrents.org/december-28-the-polymath-34457> [Viitattu: 28.3.2016]
- [20] Wbututorials. Saatavissa: <http://www.wbututorials.com/wbut-tutorials-ias-computer.php> [Viitattu: 28.3.2016]
- [21] History of Computers. Biography of Konrad Zuse. Saatavissa: <http://history-computer.com/People/ZuseBio.html> [Viitattu: 28.3.2016]
- [22] History of Computers. Konrad Zuse – the first relay computer. Saatavissa: <http://history-computer.com/ModernComputer/Relays/Zuse.html> [Viitattu: 28.3.2016]
- [23] Extreme Tech. What is Moore's Law. Saatavissa: <http://www.extreme-tech.com/extreme/210872-extremetech-explains-what-is-moores-law> [Viitattu: 29.3.2016]
- [24] Fortune. Microsoft Unveils Sarcastic Millennial Chat Bot Powered By Artificial Intelligence. Saatavissa: <http://fortune.com/2016/03/23/microsoft-sarcastic-millennial-chat-artificial-intelligence/> [Viitattu: 29.3.2016]
- [25] Wikipedia. 14 nanometers. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/14_nanometer [Viitattu: 29.3.2016]

- [26]Gazette Review. When Will Self Driving Cars Be Ready – Bosch Systems Control President’s Answer. Saatavissa: <http://gazettere-view.com/2015/12/self-driving-cars-a-decade-away-according-to-bosch-systems-control-president/> [Viitattu: 29.3.2016]
- [27] New Atlas. Boston Dynamics' latest Atlas robot struts its stuff. Saatavissa: <http://www.gizmag.com/boston-dynamics-new-atlas/42007/> [Viitattu: 29.3.2016]