

hyväksymispäivä

arvosana

arvostelija

Varhaiset brittiläiset tietokoneet

Mikko Glumow

Helsinki 27.4.2007

HELSINGIN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Seminaari: Tietojenkäsittelytieteen historia

Kirjallinen esitelmä

Sisältö

1	Johdanto.....	1
2	Ensi askeleet	2
3	ACE	3
4	EDSAC	5
5	Manchester Mark I.....	7
6	Yhteenveto.....	8

1 Johdanto

20. vuosisadan puolta väliä lähestyttäessä sitä, mitä nykypäivänä käsitämme sanalla tietokone, ei käytännössä ollut olemassa. Tätä ennen oli toki kehitetty koneita, jotka suorittivat automaattista laskentaa muodossa tai toisessa, mutta jokainen niistä oli suunniteltu aina vain yhtä tiettyä ongelmaa ja käyttötarkoitusta varten. Myöskin alan kehitys oli ollut lähinnä sellaista, että olemassa olevien koneiden teknisiä ratkaisuja oli paranneltu paremman laskentatehon toivossa. Kuitenkin vuoden 1945 aikoihin heräsi kiinnostus ns. universaalia automaattista laskentakonetta kohtaan. Tätä kehitystä edesauttoi se seikka, että toinen maailmansota päättyi kyseisenä vuonna, joten tieteen ja tutkimuksen resurssit voitiin jälleen valjastaa myös rauhanomaisempiin (ts. potentiaalisesti kaupallisiin) käyttötarkoituksiin.

Universaalin automaattisen laskentakoneen ideana oli, että sen avulla voitaisiin ratkaista kaikki olemassa olevat (laskennallisesti ratkeavien ongelmien luokkaan kuuluvat) ongelmat. Tämä tapahtuisi koneeseen syötettävän, aina kuhunkin tarkoitukseen sopivan ohjelman avulla. Ohjelma käytännössä tarkoittaisi sarjaa konekielisiä käskyjä, joiden mukaan laskenta suoritetaan. Tätä varten se tarvitsisi kaksi kokonaan uutta ominaisuutta, joita aikaisemmista laskentakoneista ei löytynyt:

- Sisäisen säilön (muistin), jonka sisältöä voitaisiin automaattisesti muokata laskennan aikana. Tähän säilöttäisiin sekä käytössä oleva ohjelma, että data, jota halutaan käsitellä.
- Kyvyn muuttaa toimintatapaansa tarkkaan määritellyillä tavoilla, riippuen laskennan aikana vastaan tulevan datan luonteesta. Käytännössä tämä olisi mahdollista vain, jos data on esitetty digitaalisessa (binäärisessä) muodossa koneen sisällä [Lav80, sivu 1].

Oleellisesti tämä universaali kone oli se, mitä nykypäivänä ymmärrämme sanalla tietokone tarkoitettavan. Ja vaikka tietokoneet ovatkin edenneet pitkän matkan noista päivistä, on niiden perustoimintaperiaate tänäkin päivänä sama.

2 Ensi askeleet

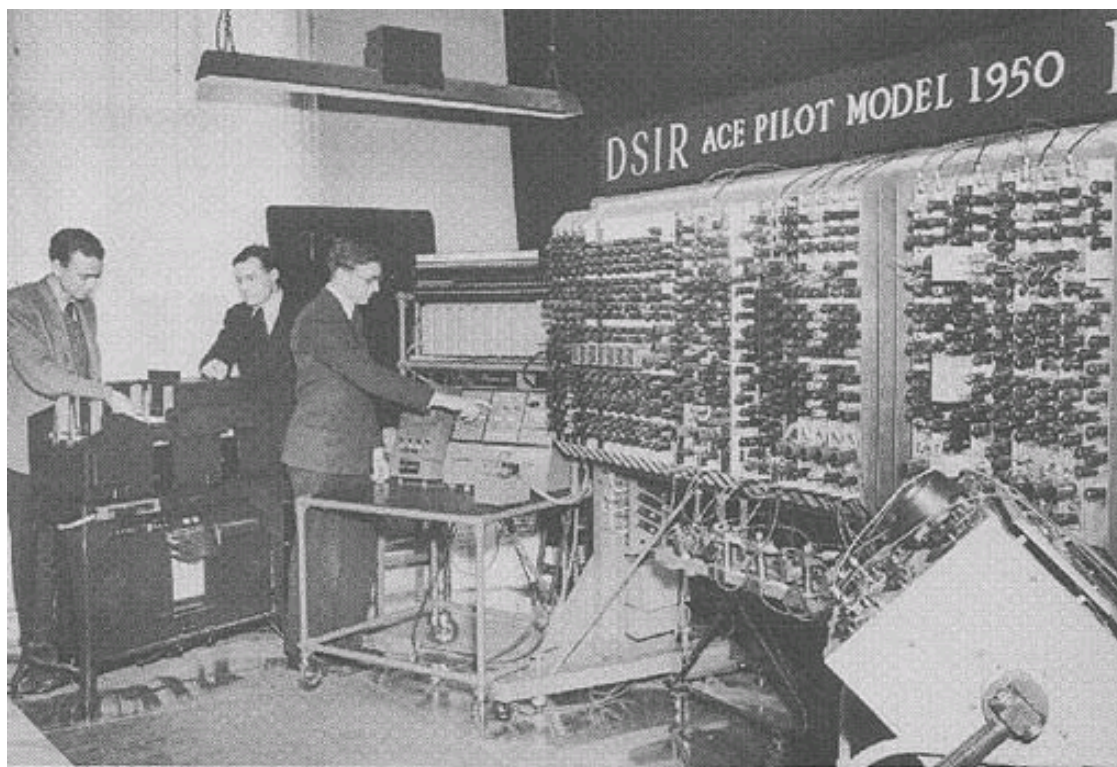
Luultavasti ensimmäinen ihminen, joka esitti ajatuksen tietokoneesta, oli brittiläinen matemaatikko Charles Babbage (1791-1871). Hän suunnitteli aikanaan laitteen, joka kantoi nimeä Analytical Engine. Tuon ajan tekninen kehitys ei kuitenkaan ollut sellaisella tasolla, että laitteen toteuttaminen olisi kokonaisuudessaan ollut mahdollista. Kuitenkin, yhtään väheksymättä Babbagen ideaa, vastausta kysymykseen 'kuka keksi tietokoneen?' on mahdotonta antaa. Konseptin kehittymiseen myötävaikuttivat useat eri henkilöt aikojen saatossa. Kaikesta huolimatta vuosisata myöhemmin, 1940-luvun puoliväliin tultaessa, keinot ja halukkuus tietokoneen rakentamiseen olivat vihdoinkin olemassa, ja sellaisen kehittämiseen keskittyneitä tutkimusryhmiä löytyi useita sekä Britannian, USA:sta että Saksasta. Ehkä hieman yllättäen Britannia oli lopulta se maa, jossa saatiin ensimmäisenä valmiiksi käytännössä toimiva tietokone. Tämä tapahtui 21.6.1948 Manchesterin yliopistossa, jossa valmistui Manchester Mark I:n ensimmäinen prototyyppiversio (koneesta enemmän luvussa 5). Kone oli kuitenkin hyvin vaatimaton resursseiltaan: Sen muistiin mahtui vain 32 kappaletta 32-bittisiä sanoja, se ymmärsi vain seitsemää erilaista käskyä, eikä siinä ollut minkäänlaista rekisteriä keskusyksikön apuna. Ensimmäinen askel oli kuitenkin otettu [Lav80, sivut 2-3].

Sen lisäksi, että britit saivat ensimmäisenä valmiiksi toimivan tietokoneen prototyypin, olivat he muutenkin vahvoilla ensimmäisiä laitteita kehitettäessä. Samoihin aikoihin Manchester Mark I -projektin kanssa maassa oli käynnistetty kaksi muutakin varteenotettavaa tietokoneen kehitystyötä, joista toinen kantoi nimeä ACE ja toinen nimeä EDSAC. Seuraavissa kolmessa luvussa esitellään tarkemmin kukin näistä laitteista. On syytä huomata, että näiden kolmen projektin asettaminen kronologiseen järjestykseen on hyvin vaikeaa, koska siinä missä yksi saattoi olla muita edellä projektin varhaisemmassa vaiheessa, oli toinen kirinyt ohi myöhemmässä. Lisäksi voidaan todeta, että kaikki kolme projektia toimivat itsenäisesti vailla keskinäistä vuorovaikutusta, eikä varsinaista kilpailutilannetta ainakaan virallisesti ollut olemassa.

Muutama sana tuon ajan tekniikasta, ennen kuin siirrytään itse laitteiden esittelyyn. Pääasiallisesti ensimmäisten tietokoneiden keskusyksiköt rakennettiin elektroniputkista (*thermionic valve*) [Lav80, sivu 13]. Suurin ongelma tietokoneen toteuttamisessa tuohon aikaan oli kuitenkin toimivan muistiratkaisun kehittäminen. Ensimmäisissä tietokoneissa ajateltiin aluksi käytettävään releitä, mutta nämä havaittiin nopeasti riittämättömiksi. Eri kehitysprojekteissa päädyttiinkin erilaisiin toteutustapoihin muistin suhteen, niistä enemmän kunkin laitteen yhteydessä.

3 ACE

Yksi syy brittien hyvään menestykseen ensimmäisten tietokoneiden kehittämisessä oli se, että sodan aikana maassa oli panostettu saksalaisten lähettämien kryptattujen viestien murtamiseen tarkoitettuihin laskentalaitteisiin, minkä ansiosta tietotaito tietokoneiden rakentamiseen tekniseltä kannalta oli suurelta osin jo olemassa. Yksi tällainen laite oli COLOSSUS-niminen koodinpurkulaite, jonka kehittämisessä oli ollut mukana

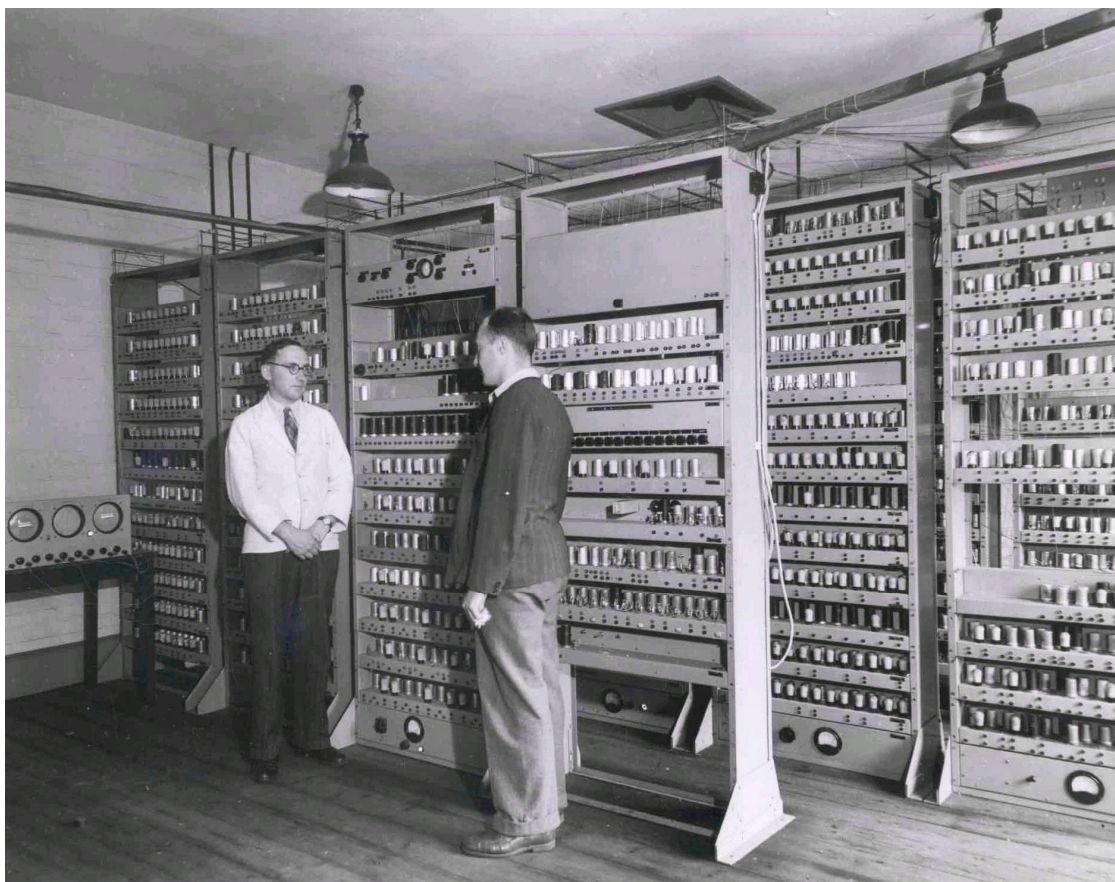


Kuva 2: ACE:n pilottiversion esittelytilaisuus lehdistölle. Itse tilaisuuden päätähden lisäksi mukana myös G.G. Allway (vas.), E.A. Newman ja J.H. Wilkinson [www01].

muiden muassa matemaatikko Alan Turing. Sodan päättymisen jälkeen Turing siirtyi NPL:n (*National Physical Laboratory*) matemaattiselle osastolle, missä hän välittömästi alkoi suunnitella omaa näkemystään siitä, mitä universaalinen laskentakoneen tulisi olla. Niinpä vuonna 1946 hän sai valmiiksi luultavasti ensimmäisenä maailmassa täydellisen ideatason konstruktion tietokoneesta. Koneen nimi olisi ACE (*Automatic Computing Engine*), ja NPL:n johto suunnitteli siitä 'kansallista tietokonetta' siinä mielessä, että se olisi vastannut koko maan laskentatarpeisiin. Tilanne oli kuitenkin se, että tuolloin ei vielä maasta löytynyt kapasiteettia vaaditun kokoluokan koneen valmistamiseen. Lisäksi riittävän hyvin toimivaa muistiratkaisua ei tuolloin oltu vielä saatu valmiiksi, vaikkakin edistystä sillä saralla oli jo tapahtunut. Näistä ja muista syistä projekti laitettiin tuolloin toistaiseksi jäihin. Tästä oli seurauksena se, että Turing jätti sekä projektin että NPL:n kesällä 1947, ja siirtyi muiden haasteiden pariin [Lav80, sivut 23-30].

ACE:n toteutusvaihe pääsi käyntiin vasta vuoden 1948 puolella välissä, jolloin projektin vetovastuun ottivat J. H. Wilkinson sen matemaattisilta osin, ja E. A. Newman sen teknisiltä osin. ACE:n pilottiversio valmistui toukokuussa vuonna 1950, mikä oli lähes vuotta myöhemmin kuin kaksi muuta tässä artikkelissa esiteltyä konetta. Se oli kuitenkin suorituskyvyltään nopeampi kuin mitä "kilpailijansa". Nopeusero oli potentiaalisesti hyvinkin suuri, mutta ACE:n rakenne oli sellainen, että sen laskentateho oli hyvin riippuvainen koneen kulloisestakin tilasta. Esimerkiksi yksinkertaiseen summalaskuun kulunut aika saattoi olla mitä vain väliltä 64 mikrosekuntia ja 1,024 millisekuntia. Muistina käytettiin ns. elohopeaviivelinja-putkia (*mercury delay line tubes*), joita oli käytetty myös edellisessä vuonna valmistuneessa EDSAC:ssa. Aluksi muistiin mahtui 128 32-bittistä sanaa, vuonna 1951 muistia laajennettiin 352-sanaiseksi ja vuonna 1954 siihen lisättiin 4096 sanan erillinen lisämuisti. Sekä tietojen syöttämiseen että tulostukseen käytettiin reikäkortteja. Keskusyksikkö sisälsi 800 elektroniputkea. Onnistuneen pilottiversion rohkaisemana ACE:n kehitystä jatkettiin aina vuoteen 1957, jolloin sen laskuteho oli jo monin verroin tasaisempaa ja tehokkaampaa. Myöskin koneen fyysinen koko oli monta kertaa alkuperäistä suurempi [Lav80, sivut 44-47].

4 EDSAC



Kuva 2: Taustalla EDSAC, edessä herrat W. Renwick (vas.) ja M. Wilkes [www02].

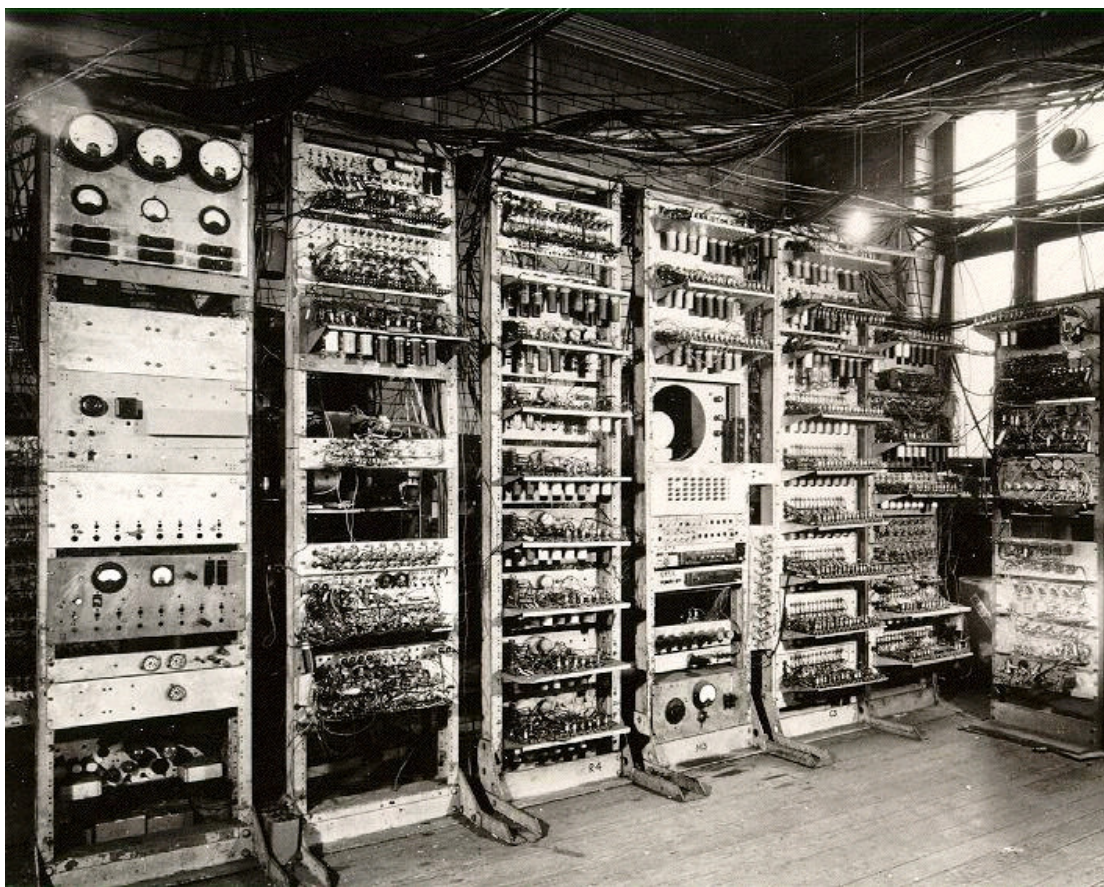
EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Calculator*) oli Cambridgen yliopistossa kehitetty tietokone, jonka rakentamisesta vastasi professori Maurice Wilkes:n johtama tutkimusryhmä. Tarkoituksena oli toteuttaa käyttökelpoinen ja luotettava laskentatyökalu yliopiston tarpeisiin mahdollisimman lyhyessä ajassa, joten ryhmä ei välttämättä ollut kiinnostunut parhaasta mahdollisesta ratkaisusta, vaan riittävän hyvä olisi tässä tapauksessa kelvollinen. Sekä koneen nimi että rakenne ottivat vaikutteita Amerikanmaalla sillä hetkellä suunnitteluasteella olleesta EDVAC-nimisestä laitteesta. Muistiratkaisuksi valittiin elohopeaviivelinja-tekniikka, koska sitä oli käytetty onnistuneesti useissa sodanaikaisissa laitteissa, tosin hieman eri tarkoitukseen. Massamuistina EDSAC käytti 32:a edellä mainittua tekniikkaa hyödyntävää putkea, joista jokaiseen pystyi tallentamaan 576 bittiä. Lisäksi siinä oli muutama lisäputki keskusyksikön rekistereitä varten. Lopputuloksena koneen muistiin mahtui 512 36-bittistä sanaa kerrallaan, ja se laski

yksinkertaisen kahden arvon summan noin 1,4 millisekunnissa. Keskusyksikkö sisälsi 3000 elektroniputkea, mikä on yli kolme kertaa enemmän kuin mitä ACE:ssa oli, ja se vei suuren huoneen verran tilaa. Data syötettiin koneeseen 5-bittisen, elektro-mekaanisen paperinauhan lukijan avulla. Tulosteet tuotti koneeseen kytketty kaukokirjoitin (*teleprinter*). Valmiin EDSAC:n ensimmäinen testiajo suoritettiin 6.5.1949, ja se oli aktiivikäytössä vuosina 1950-1958. Kyseessä oli ensimmäinen kerta, kun aito muistiin ladattaviin ohjelmiin perustuva tietokone oli muussakin kuin testikäytössä [Lav80, sivut 31-33].

Kehitysryhmä halusi tehdä EDSAC:sta mahdollisimman käyttäjäystävällisen, joten sille rakennettiin alkeellinen symboleihin perustunut ohjelmointikieli. Tämä tarkoitti sitä, että käskyt annettiin koneelle tarkoitusta kuvaavilla normaalin ihmisten käyttämän aakkoston merkeillä, jotka olivat tallennettuna paperinauhalle. Käskyt sitten käännettiin automaattisesti koneen ymmärtämään binäärimuotoon niiden syöttövaiheessa. Toinen merkittävä apuväline EDSAC:n käyttöön liittyen olivat sitä varten tuotetut valmiit aliohjelmakirjastot, jotka myös omalta osaltaan helpottivat laitteen käyttöä. Voidaankin sanoa, että Wilkesin johtaman ryhmän kehittämällä, standardin mukaiseen käyttöön pyrkivillä menetelmillä on ollut suuri vaikutus myöhempien ohjelmointikielien toimintaperiaatteisiin.

EDSAC:n ominaisuuksia paranneltiin aina 1950-luvun puoliväliin saakka, missä vaiheessa aloitettiin sen seuraajan, mielikuvitukseksikaasti nimetyn EDSAC II:n suunnittelu. Kyseinen kone valmistui vuonna 1957, ja se oli edeltäjänsä nähden merkittävästi kehittyneempi. Tuohonkin aikaan siis tietotekniikan kehittyminen oli jo varsin ripeää [Lav80, sivu 34].

5 Manchester Mark I



Kuva 3: Rujonkaunis Manchester Mark I [www03].

Ennen kuin paneudutaan Manchester Mark I:een sen enempää, on syytä pohjustaa kyseistä tarinaa toisella tarinalla, jolla oli suuri vaikutus laitteen syntyyn. Joulukuussa vuonna 1947 kaverukset F.C. Williams ja Tom Kilburn liittyivät Manchesterin yliopiston iloiseen joukkoon tavoitteenaan toteuttaa uudentyypinen muistiratkaisu, joka myöhemmin tuli tunnetuksi *Williams tube* -nimellä. Sen enempää yksityiskohtiin menemättä tämän teknologian etuna aikaisempiin verrattuna oli siinä, että sen rakennuskustannukset olivat kohtuullisen matalat, koska se voitiin rakentaa jo valmiiksi olemassa olleita ja yleisesti käyttöön otettuja komponentteja käyttäen. Lisäksi se oli ensimmäinen ns. hajasaantimuisti (*random access memory*, tuttavallisemmin *RAM*), mikä salli sanojen haun mistä tahansa muistiosoitteesta. Tätä ennen kehitetyt muistiratkaisut olivat olleet toimintaperiaatteeltaan peräkkäismuisteja (*sequential memory*), esimerkiksi edellisissä kappaleissa esitellyjen ACE:n ja EDSAC:n muistinaan käyttämä elohopeaviivelinja-tekniikka on luonteeltaan

peräkkäismuistia. Joka tapauksessa pääsyy Manchester Mark I:n rakentamiseen oli siis se, että voitiin testata Williams tube:n toimivuutta käytännössä [Lav80, sivu 36].

Kuten aikaisemmin jo mainittiin, Manchester Mark I:n prototyyppi oli ensimmäinen toimintakuntoinen tietokone maailmassa, kun sillä vuonna 1948 ajettiin hyvin yksinkertainen ohjelma onnistuneesti. Koska kyseessä oli kuitenkin ominaisuuksiltaan varsin vaatimaton laite, ruvettiin sen kapasiteettia laajentamaan, tavoitteena toteuttaa riittävän tehokas tietokone ollakseen käyttökelpoinen oikeita laskennallisia ongelmia ratkaistaessa. Lopullinen versio saatiin valmiiksi Lokakuussa 1949, jolloin koneen speksit olivat seuraavat: Se sisälsi nopeaa hajasaantimuistia, johon mahtui 128 kappaleen verran 40-bittisiä sanoja, jonka lisäksi siinä oli hitaampaa peräkkäismuistia 1024 sanan verran. Se pystyi suorittamaan kahden arvon summan 1,8 millisekunnissa. Syötteensä kone sai paperinauhan muodossa, ja tulokset tulivat kaukokirjoittimesta ulos. Kooltaan tämäkin kone oli suuren huoneen luokkaa. Yksi mainitsemisen arvoinen lopulliseen versioon implementoitu uusi keksintö oli keskusyksikön käyttämä indeksirekisteri, ominaisuus, joka löytyy yhä nykypäivänkin tietokoneista, tosin luonnollisestikin rutkasti kehittyneempänä versiona [Lav80, sivu 37].

6 Yhteenveto

Britannian panosta tietokoneiden syntyyn ei voida väheksyä. Päinvastoin, maasta tuli aikanaan useita alan todellisia pioneereja: Ensimmäisen täydellisen tietokoneen suunnitelman esitteli Turing, ensimmäinen toimiva prototyyppi oli Manchester Mark I, ja ensimmäinen käyttövalmis tietokone oli EDSAC. Britit säilyttivät tietyn teknisen etumatkansa tietokoneiden valmistamisessa varsin pitkään, mutta ajan myötä muu maailma (etunenässä USA) tuli takaa ohi: Laskelmien mukaan vielä vuonna 1960 Britanniassa oli noin 220 tietokonetta käytössä, joista 90 prosenttia oli myös siellä valmistettu, kun taas vuonna 1970 koneita oli maassa noin 6500, joista enää puolet oli valmistettu Britanniassa [Lav80, sivu 105].

Lähteet

- Lav80 S. H. Lavington, *Early British Computers*, Digital Press, 1980
- www01 <http://ed-thelen.org/comp-hist/EarlyBritish-05-12.html>,
25.2.2007.
- www02 http://www.cl.cam.ac.uk/Relics/archive_photos.html, 25.2.2007.
- www03 <http://piano.dsi.uminho.pt/museuv/1946mmark1.html>, 25.2.2007.