

SZAKDOLGOZAT

Készítette: Bacskai Attila

Debrecen

2010

Debreceni Egyetem
Informatika Kar

FEJEZETEK

AZ INFORMATIKA TÖRTÉNETÉBŐL

Témavezető:
Terdik György
dékán

Készítette:
Bacsikai Attila
mérnök informatikus

Debrecen
2010

„Az agy nyelve nem egyezik meg a matematika nyelvével.”

Neumann János



Neumann János

1903. december 28. — 1957. február 8.

Neumann János kiváló matematikus volt, aki jelentős eredményekkel gazdagította a kvantumfizikát, a logikát, a meteorológiát, a hadtudományt, a nagysebességű számítógépek elméletét és alkalmazásait, valamint a stratégiai játékok elméletének kidolgozásával a közgazdaságtant.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	6
2.	Célkitűzés	6
3.	A számítástechnika története a kezdetektől Neumann Jánosig	7
1.	Kipu	7
2.	Az abakusz	7
3.	Mechanikus készülékek	8
	Wilhelm Schickard (1592-1635)	8
	Blaise Pascal (1623-1662)	8
	Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)	9
	Charles Babbage (1791-1871)	9
	Herman Hollerith (1860-1929)	9
4.	Az elektromechanikus berendezések	10
	Konrad Zuse (1910-1995)	10
	Howard Hathaway Aiken (1900-1973)	11
	Alan Mathison Turing (1912-1954)	11
	John William Eckert (1919-1995) és John Presper Mauchly (1907-1980)	12
4.	Neumann János életútja	14
1.	Budapesten és Németországban	14
2.	Berlin és Hamburg	15
3.	Amerikai Egyesült Államok	15
	Az ember	16
	A gyors gondolkodású Neumann	16
	Előadásmódja	17
	Munkabírása	17
	Elméleti matematika	17
	Alkalmazott matematika	18
	Játékelmélet	18
	Számítógépek	19
4.	Hogyan jutott el Neumann János a First Draftig?	19
	Neumann János „ismerkedik” a számológéppel (Moore School)	19
	Találkozás a pályaudvaron	20

Látogatás a Moore Schoolban	20
Neumann János, a tanácsadó	21
A „Jelentés”	22
5. First Draft of a Report on the EDVAC	23
1. Definíciók	23
2. A rendszer főbb alkotóelemei	24
3. A tárgyalás menete.....	28
4. Elemek, szinkronizáció, neuronanalógia	29
5. Az aritmetikai műveletek fontosabb elvei, tulajdonságai.....	30
6. Az E-elemek	33
7. A + és \square műveletek áramkörei	35
8. A – és az \square műveletek áramkörei.....	36
9. A bináris pont.....	36
10. A gyökvonás áramköre	37
Más műveletek.....	37
11. A CA felépítése.....	38
A műveletek teljes listája.....	38
12. A memória kapacitása. Általános elvek.....	39
13. A memória (M) szervezése	43
14. A CC és az M.....	44
15. A kód.....	45
6. Befejezés.....	50
Neumann János élete és munkássága a „Fist Draft...” kiadása után.....	50
Betegen is dolgozott	52
Zárszó	53
7. Összegzés:	54
8. Irodalomjegyzék:	55

1. Bevezetés

A modern világ fejlett technológiája nem jöhetett volna létre, és nem működne a számítógépek nélkül. Különböző típusú, és méretű számítógépeket használnak az információk tárolására, feldolgozására és továbbítására. A társadalmi élet szinte minden területén, a titkos iratoktól kezdve a banki tranzakciókon keresztül a családi költségvetésig mindenütt fontos szerepe van.

A számítógépek új korszakot nyitottak meg az automatizálás technikájában a gyártás területén, és nélkülözhetetlenek a modern kommunikációban is. Alapvetően fontos eszközökké váltak a kutatás és az alkalmazott technológia szinte minden területén, a világegyetem modellezésétől kezdve a holnapi időjárás előrejelzéséig. A nyilvános adatbázisok és a számítógépes hálózatok sokfajta információforrást tesznek elérhetővé számunkra.

Az informatika mindennapi életünk szerves részévé vált. A földrajzi elhelyezkedésből és az anyagi lehetőségek különbözőségéből adódó esélyegyenlőtlenségek jelentősen csökkenthetők az informatikai eszközök használatával.

A számítástechnikát ma használó ember a számítógépekkel és a programokkal teljes komplexitásukban találkozik. Ezek mai formájukban csodálatra készítetik a felhasználót.

A mai bonyolult hardver és szoftver megértésében nagy segítséget jelenthet kialakulásuk folyamatának, történetének megismerése. Az elmúlt évtizedek megvalósított és megvalósítatlan ötleteinek ismerete fogékonyá tehet bennünket, az új módszerek, eszközök iránt, illetve a továbbgondolásukra inspirálhat minket.

2. Célkitűzés

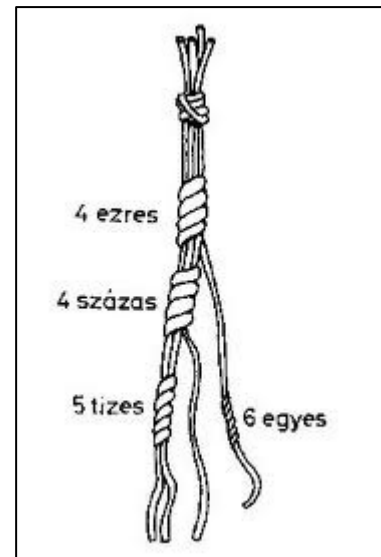
Az informatikatörténeti szakdolgozat célja az elmúlt időszak legfontosabb számolási, számítási, információ-feldolgozási megoldásainak megismertetése a teljesség igénye nélkül. A számítástechnika fejlődésének áttekintésével szeretnék rávilágítani néhány olyan fordulópontjára, melyekből a mai kor alapvető problémája jobban érthető, talán még azt is mondhatjuk, hogy átlátható.

3. A számítástechnika története a kezdetektől Neumann Jánosig

A számolást segítőeszközök története egyidős az emberiség történetével. Az ősember az ujjait használta a számoláshoz, aminek a latin neve digitus. Innen származik az angol digit elnevezés is, amely számjegyet jelent. Később a számoláshoz köveket, zsinórokat használtak, az eredményt a barlang falába, csontba vagy falapokba bevésve rögzítették.

1. Kipu

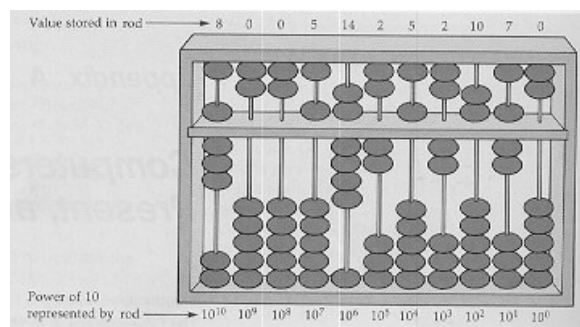
A helyiértékes számábrázolás egyik legősibb formája már több ezer éve alkalmazott volt Amerikában. A kipukon tízes számrendszerben rögzített értékeket meglepő módon, egy kettes számrendszeren alapuló, kövek helyzetével operáló számolóeszközökkel dolgozták fel. Ezek az ősi számológépek megelőzték jóval az európai számolóeszközök fejlődését. Így hét ponton egyszerre 2 lehetőség közül választhattak a csomókészítés közben. Gary Urton szerint az inka kipuk hétbites bináris kódrendszere segítségével irányították birodalmukat.



1. ábra Kipu

2. Az abakusz

A nagyobb számértékek megjelenésével kialakult az átváltásos rendszerű számábrázolás, a tízes, tizenkettes, majd a hatvanas számrendszer. Az egyik első eszköz, amely lehetővé tette az egyszerűbb műveletvégzést az abakusz volt. Az abakuszt némileg módosítva a XVI. századig a legfontosabb számolást segítő eszközként használták, egyetemen tanították a vele való szorzás és osztás műveletsorát. Az abakusz, más néven sorban mai európai formája a golyós számolótábla.

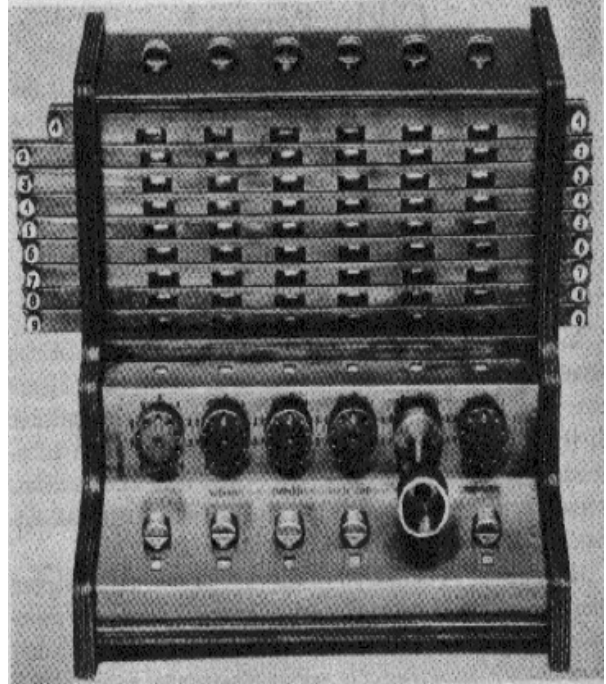


2. ábra: Abakusz

3. Mechanikus készülékek

Wilhelm Schickard (1592-1635)

Németországban született. Csillagász professzor volt. 1623-ban készítette el számológépét, magában a gépezetben egymáshoz szorosan illeszkedő tíz- és egyfogú fogaskerekek, illetve rudak voltak, és a négy alapművelet volt elvégezhető rajta. A számításokat mechanikusan, a rudak, fogaskerekek és egy automatikus átvitelképző mechanizmus kombinációjával végezte el. A gépezet magja az aritmetikai egység.



3. ábra: Schickard számológépe

Blaise Pascal (1623-1662)

Blaise Pascal 1623-ban született Clermont-Ferrand-ban. Pascal fontos alkotásokat hagyott hátra a fizika, a matematika, a teológia, a filozófia és az irodalom témakörében is. Hozzájárult a természettudományok fejlődéséhez többek között a mechanikus számológép szerkezetének kidolgozásával, a valószínűség matematikai elméletének kidolgozásával, tanulmányozta a folyadékokat és tisztázta a vákuum és a nyomás fogalmait. 1642-ben elkészítette az aritmometert, amely egy mechanikus összeadó és kivonó gép volt. Hét példány készült belőle.

From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 2001 The Computer Museum History Center



4. ábra: Aritmometer

világ első számítástechnikai társaságát, a Computing Tabulating Companyt 1911-ben. E cég 1924-ben megváltoztatta a nevét. Az új neve már valószínűleg ismerősebben cseng: International Business Machines, vagy röviden IBM.



8. ábra: Rendezőgép

A kártya bekerült egy rendezőgépbe, ott elhaladt egy tűrendszer alatt, a lyukak alapján záródó tűk elektromágneseket hoztak működésbe, melynek hatására a körlapos számlálón a mutató egy egységgel előre lépett.

4. Az elektromechanikus berendezések

Konrad Zuse (1910-1995)

1933-ban a német Konrad egy programvezérlésű számítógépet készített a szülői házában (ez ebédlőben), amelyet a később Z1-nek nevetek el. Ez egy teljesen mechanikus szerkezet volt.



9. ábra: Z1

Később új gépet készített (Z2), amely kapcsolóelemként már jelfogókat tartalmazott. Az 1941-ben elkészült Z3 2500 jelfogót tartalmazott, és egy teljesen programvezérlésű számítógép volt.

A jelfogó elektromos áram hatására képes más áramköröket ki-bekapcsolni, egy kis érintkező elmozdulásával. Mivel mozgó alkatrészt is tartalmaz, de a vezérlés elektromos áram hatására jön létre, ezért az ilyen elvű számítógépeket elektromechanikusnak is nevezik.

Howard Hathaway Aiken (1900-1973)

Howard kezdeményezésére az IBM 1944-ben felépített egy jelfogós számítógépet MARK-1 néven (Harvard MARK-1-nek is nevezték. Hasonló nevű volt az Angliában gyártott Manchester MARK-1.). Hatalmas méretű volt: összesen 760000 alkatrészt tartalmazott, 900 km vezetékét építettek be. Az adatbevitel lyukkártyákon keresztül történt, a program lyukszalagon volt tárolva. Többek között atomfizikai számításokra használták. 1959-ig üzemelt.



10. ábra: MARK-1

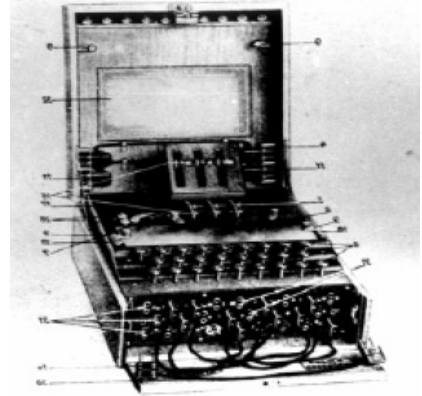
Négy fő célt jelöl meg a tudományos feladatokra alkalmas számológépek számára:

- legyen képes mind pozitív, mind negatív számok kezelésére
- működése legyen teljesen automatikus, ne legyen szükség emberi közreműködésre
- használjon különféle matematikai függvényeket
- egy számítást a matematikai műveletek természetes sorrendjének megfelelően hajtson végre.

Alan Mathison Turing (1912-1954)

Brit matematikus, a modern számítógép tudomány egyik atyja. Nagy hatással volt az algoritmus és a számítógépes adatfeldolgozás hivatalos koncepciójának kidolgozására az általa feltalált Turing-gép. Szabályba foglalta a ma már széles körben elfogadott Church-Turing-tézist, ami alapján tudniillik minden más számítási modell és más gyakorlati számítási modell azonos a Turing-géppel vagy annak egy részegységével.

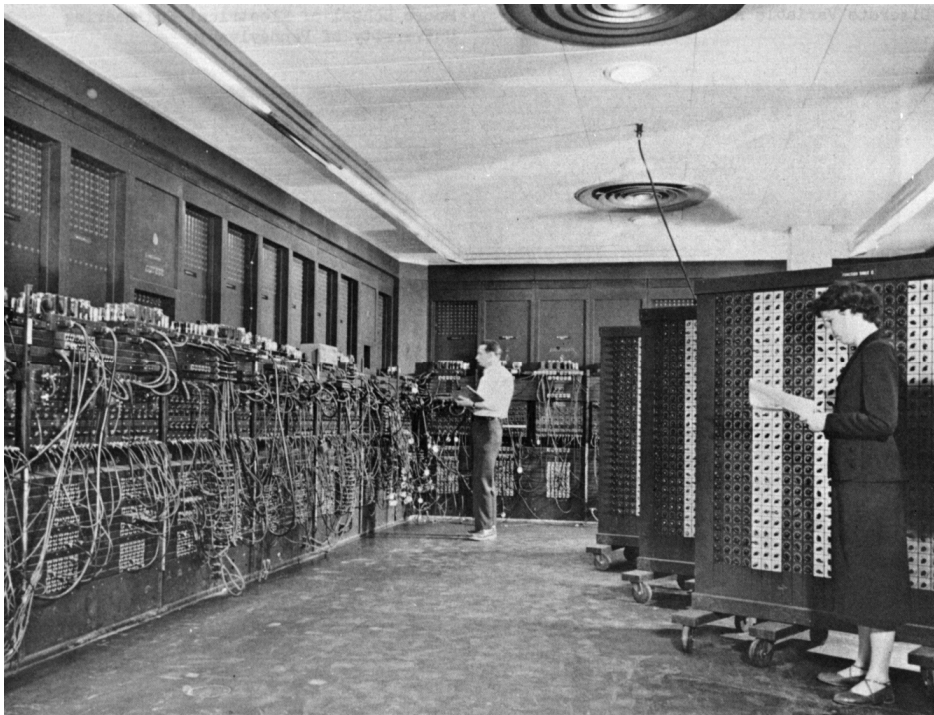
A II. világháború alatt sikeres erőfeszítéseket tett a német rejtjelkódok feltörésére. A háború után az egyik legkorábbi digitális számítógépen dolgozott, és később közreadott egy provokatív írást, a gondolatébresztő „*Tudnak a gépek gondolkodni?*” címűt.



11. ábra: Turing-gép

John William Eckert (1919-1995) és John Presper Mauchly (1907-1980)

1946-ban, John William Eckert és John Presper Mauchly munkássága nyomán született meg az első mechanikus elemeket már nem tartalmazó, azaz elektronikus számítógép, az ENIAC, Elektronikus Numerikus Integrátor és Számítógép. E gép azonban még mindig meglepő méretekkel rendelkezett, lévén, hogy még nem volt ismert a félvezető technológia. Áramfogyasztása egy kisebb település teljes áramfelvételének felel meg.



12. ábra ENIAC

Azt gondolhatnánk nem elég, hogy mérete nem csökkent, ráadásul még jóval több áramot is fogyasztott. Az előrelépés mégis óriási a mechanikus gépekhez képest, mivel műveleti sebessége több mint százszorosa azokénak.

Néhány jellemző:

- 18.000 elektroncsövet tartalmazott
- 10000 kondenzátor
- 70000 ellenállás
- fogyasztása 800 kW volt
- 30 méter hosszú teremben fért el
- tömege 30 tonna volt
- tízes számrendszerben dolgozott
- sebessége: 5000 összeadás vagy 400 szorzás / mp
- külső programvezérlés (lyukkártya, dugaszolóábrák)
- külön személyzet kellett a csőcserekhöz (4 perc/cső)
- 20 db számot tudott tárolni (10 jegyű)

Ezzel a géppel indult az első generáció (1946-1954), a már elektronikus, de még elektroncsöves felépítésű gépek korszaka. Ezek jellemzője volt még a lyukkártya, a mágnesdobos tár, az elektrosztatikus memória.

A korszerű számítógép elvi alapjait – a mások munkáira támaszkodva – a magyar származású Neumann János dolgozta ki. 1945 júniusában ő írta le a tárolt programú digitális számítógép felépítésének és működésének főbb elveit. Neumann János kivételes képességű zseniális tudós volt, aki a fizikában, a matematikában, és a számítástechnikában is maradandót alkotott.

A Nobeldíjas Wigner Jenőt megkérdezték, hogyan lehet, hogy ez a nemzedék oly sok lángelmét adott a világnak. Azt válaszolta, hogy nem érti a kérdést. Magyarország csak egy lángelmét produkált: Neumann Jánost. – Ezt Klein György megerősítette: – A maga idejében Neumann János volt a világ legokosabb embere.

Szakdolgozatomban Neumann János zsenialitásának szeretnék hangot adni, és ismertetni életútját, valamint a „First Draft of a Report on the EDVAC” című írását elemezni.

4. Neumann János életútja

1. Budapesten és Németországban

1903. december 28-án született Budapesten, egy jómódú család legidősebb fiaként. Apja bankár volt, akinek Ferenc József császár és a király adományozott nemesi címet, amely örökölhető volt, ezért Neumann teljes neve Margittai Neumann János volt, innen ered külföldön használt nevében a von előnév: John von Neumann.

Az egyáltalán nem túlzó családi történetek szerint Neumann már gyerekkorában is csodálatosan gyors felfogó- és problémamegoldó képességgel rendelkezett. Hatéves korában, fejben osztott két nyolcjegyű számot. Ő és édesapja gyakran tréfálkoztak egymással ógörögül. Egyszer édesanyja a semmibe meredve hallgatott, erre Jancsi rákérdezett: - Mit számolsz, anyu? Nyolcévesen már jól ismerte a differenciál- és integrálszámítást. 12 éves korában olvasta és megértette Borel Théorie des Fonctions című művét.

Rátz László, a Fasori Evangélikus Gimnázium legendás matematikatanára korán fölismerte Jancsi képességeit. Fölkereste Neumann Miksát, és azt mondta, bűn volna, ha nem fordítanak különös figyelmet Neumann János matematikai nevelésére. Az apa egyetértését megnyerve az egyetem professzoraihoz fordult. Kürsbák József matematikaprofesszor Jancsit hallgatójának, az Eötvös Versenyt megnyert Szegő Gábornak a gondjaira bízta.

Kármán Tódor gépészmérnök, fizikus, alkalmazott matematikus visszaemlékezése szerint – Aachen professzorságom első évében beállított hozzám egy pesti bankár 17 éves fiával, Jancsival. Furcsa dolgot kért tőlem: beszéljem le Jancsit arról, hogy matematikus legyen. Azt mondta: – „A matematikusok nem értenek a pénzkereséshez!” – Elbeszélgettem a fiúval. Káprázatos feje volt. 17 évesen önállóan tanulmányozta a különböző végteleneket, ami pedig az absztrakt matematika egyik legmélyebb problémája, és érdekes elméleteket dolgozott ki rájuk. Azt gondoltam, hogy szégyen volna őt elterelni attól, amire természetes hajlama vezet. Jancsi esetében azt tanácsoltam a papának, hogy kössön fiával kompromisszumot: hadd tanuljon vegyészmérnökséget.

Így történhetett, hogy Neumann Berlinben 1921 és 1923, valamint Zürichben 1923 és 1925 között kémiát tanult. 1926-ban Zürichben, vegyészmérnöki diplomát, de még ugyanebben az évben Budapesten matematikai doktorátust szerzett.

2. Berlin és Hamburg

A matematikai rendszámokra 20 éves korában adott definíciója ma is általánosan elfogadott. Doktori disszertációjának tárgya szintén a halmazelmélet volt; axiomatikus felépítése mély nyomot hagyott a tárgykörön. Érdeklődését a halmazelmélet és a logika iránt egész életében megtartotta, bár meglepte őt is a német matematikus, Gödel eredménye, hogy a matematika konzisztenciáját nem lehet bizonyítani.

Berlinben 1926 és 1929, valamint Hamburgban 1929 és 1930 között magántanár volt. Ez idő alatt már két, a halmazelmélettől távoli, de egymáshoz közeli témán dolgozott: ezek a kvantumfizika és az operátorelmélet. Megalkotta a kvantumelmélet szabatos matematikáját, majd az új fizikai fogalmaktól inspirálva kiszélesítette és elmélyítette a végtelen dimenziós terek és az ott értelmezett operátorok tisztán matematikai elméletét.

Megkezdődött a matematika és kvantummechanika konstruktív együttélésének korszaka. Neumann János könyve, „A kvantummechanika matematikai megalapozása” 1932-ben lett az új fizika alapműve német nyelven. Lefordították franciára 1947-ben, spanyolra 1949-ben és angolra 1955-ben, és ez a mű mind a mai napig a téma legalapvetőbb és legesztönbőbb tárgyalása. A Nobel-díjas Wigner Jenő mondta Neumann-nak a kvantumfizikában elért eredményeiről, hogy már egyedül ez „kiemelkedő helyet biztosít számára a jelen elméleti fizikájában”.

Teller Ede tréfásan így jellemezte Neumann János képességét:
 ”Neumann János bármely állítást be tudott bizonyítani. Bármí, amit Neumann bebizonyított, az úgy is van”.

3. Amerikai Egyesült Államok

Amikor Németországban észlelte a politikai légkör megváltozását, elfogadta a Princetoni Egyetem hívását és Amerikába hajózott. Amerikába költözése előtt hazajött Magyarországra, hogy feleségül vegye Köves Mariettát.

1930-ban Neumann a Princetoni Egyetem vendégelőadója, a következő évben ugyanitt már professzor lett. 1933-ban, amikor az Institute for Advanced Study megalakul, egyike volt a hat alapító matematikaprofesszornak: James Waddel Alexander, Albert Eistein, Marston Morse, Oswald Veblen, Neumann János és Hermann Weyl, és ezt az állást élete végéig megtartotta. Az intézet működésének kezdetén még nem rendelkezett külön épülettel, így az

egyetem adott annak helyet. Ez a zavaros helyzet némiképpen egyszerűsödött, amikor 1940-ben az intézet végre külön épülethez jutott, másfél kilométerre az egyetemtől.

Az ember

Neumann az ellentéte volt az elefántcsont-toronyba zárkózó tudósoknak. Amerikai barátai Johnnynak nevezték, kedélyes, társasági ember volt, szerette a jó vicceket, híres volt arról, hogy teszi a szépet a nőknek, és igen féktelenül vezeti az autóját. Kényelmes princetoni otthonában gyakran rendeztek összejöveteleket.



13. ábra: Neumann és felesége

1935-ben született meg leánya, Marina, aki később több amerikai elnök tanácsadója is volt. Felesége Marietta, a Pittsburgi Egyetem közgazdaságtani professzora lett. 1937-ben, amikor kapcsolatuk megromlott, elváltak. Neumann még ez évben megkapta az amerikai állampolgárságot is.

1938-ban utazott utoljára haza Magyarországra, hogy feleségül vegye Dán Klárát, aki később a Los Alamos-i Tudományos Laboratóriumban programozó lett, és az 50-es években igen sok bonyolult probléma megoldásában működött közre, a tervezésben és a kódolásban is.

A gyors gondolkodású Neumann

Neumann gondolkodásának sebessége félelmetes volt. Pólya György, a neves budapesti matematika professzor egyszer bevallotta, hogy "János volt az egyetlen hallgató, akitől félttem. Amikor előadásomon elmondtam egy megoldatlan problémát, megtörtént, hogy az előadás végén odajött hozzám a teljes megoldással, kezében egy papírdarabot tartva, amelyen néhány ceruzavonás volt."

Absztrakt bizonyítás, vagy numerikus-számítás egyformán gyors volt mindkettőben, de különösen büszke volt arra, hogy milyen könnyedén kezelte a számokat. Mikor elektronikus számológépe elkészült az első előzetes kipróbálásra, valaki egy aránylag egyszerű problémát vetett fel. A gép és Neumann egyszerre kezdett el számolni és Neumann lett kész először.

Előadásmódja

Otthon Neumann magyarul beszélt, de tökéletesen tudott németül, franciául és természetesen angolul.

Káprázatosan adott elő matematikát. Gyorsan, de érthetően beszélt, precíz volt és szerette kimerítően tárgyalni a témát. Ha például valaminek négy lehetséges axiomatikus felépítése volt, akkor Neumann szerette előadni a téma teljes gráfját.

Bosszantó előadói hibája volt az, ahogy a táblatörlőt kezelte. Először felírta a táblára a szóban forgó alapvető formulát. Mikor bebizonyította, hogy az egyik szimbólum egy másikkal helyettesíthető, a helyettesítést nem úgy végezte, hogy újra felírta a megfelelően módosított formulát, hanem egyszerűen letörölte a helyettesíthető szimbólumot és helyébe írta az újat.

Olyannyira magával ragadó stílusa volt, hogy azok is élvezték az előadását, akik nem is értettek igazán a témához. Mindig minden egyszerűnek és magától értetődőnek tűnt, noha a többségnek elég volt néhány óra, hogy a kényes és bonyolult összefüggések láncolatát elfelejtsék, és további magyarázatot igényeljenek.

Munkabírása

Neumann nem elégedett meg azzal, hogy gyorsan és világosan látta a dolgokat, nagyon keményen dolgozott. Felesége mondta egyszer, hogy "otthon mindig éjjel vagy hajnalban írta munkáit. Munkavégző képessége gyakorlatilag korlátlan volt". Otthoni munkáján kívül sokat dolgozott irodájában is.

A kiemelkedő tehetség, a páratlan gondolkodási gyorsaság és a kemény munka óriási eredményeket hozott. Neumann munkáinak gyűjteménye több mint 150 cikket sorol fel. Közülük körülbelül 60 az elméleti matematika tárgyköréből, körülbelül 20 fizikai témájú, megközelítőleg 60 alkalmazott matematikai, a többi speciális matematikai, illetve általános nem matematikai cikk. A Bulletin of the American Mathematical Society egy számát életének és munkásságának szentelték.

Elméleti matematika

Neumann már az 1930-as években jó nevű matematikus volt. Hírnevét halmazelméleti, kvantumelméleti és operátorelméleti munkássága alapozta meg. Ezután következett három jelentős matematikai eredmény. Ezek közül a fontosabbak: az ergodtétel bizonyítása, az

operátorelmélet technikailag briliáns továbbfejlesztése és a folytonos geometria alapjainak lerakása.

Alkalmazott matematika

1940-ben elértünk Neumann János tudományos életének körülbelül a felezőpontjához. Szuperklasszis elméleti matematikus volt, aki értett a fizikához; ezután alkalmazott matematikus lett.

Érdeklődni kezdett a parciális differenciálegyenletek iránt, amelyek a legfőbb klasszikus eszközei a matematikának a fizikai világra való alkalmazásához. Akár a háború tette őt alkalmazott matematikussá, akár az alkalmazott matematika iránti érdeklődése tette őt felbecsülhetetlenül értékesé a hadtudományok számára, mindenképpen nagyon keresett ember volt, mint a hadsereg, illetve a háborúban érdekelt más intézmények számára, konzultánsként és tanácsadóként.

Ettől az időtől cikkeinek tárgya főleg statisztika, lökéshullámok, áramlási problémák, hidrodinamika, aerodinamika, ballisztika, robbanási problémák, meteorológia és végül de nem utolsósorban a matematika való világra történő alkalmazhatóságának két új aspektusa: a játékok, és a számítógépek.

1947-ben Princetonban, díszdoktorrá avatásakor a méltatás csak azt említi egy szóval, hogy matematikus volt, ezzel szemben magasztalja mint fizikust, mérnököt, hadtudóst és hazafit.

Játékelmélet

Akkor, amikor analitikus képességeit a háború problémáira kezdte alkalmazni, Neumann-nak volt ideje és energiája kombinatorikus tehetségét a játékelméletnek szentelni, amelynek fő alkalmazási területe a közgazdaságtan. Ezen elmélet matematikai alapja egy állítás, az úgynevezett minimax tétel, melyet Neumann korábban 1928-ban, egy rövid cikkben bizonyított, részletes kidolgozása és alkalmazása viszont az 1944-ben Oskar Morgensternnel közösen írott könyvében található.

A minimax tétel a kétszemélyes játékok egy széles csoportjáról jelenti ki, hogy – hosszútávon – nem nyereséges részt venni bennük. Ha bármely játékos meghatározza az összes lehetséges stratégiához tartozó várható maximális veszteséget, és ezek után azt a stratégiát választja, ahol ez a veszteség a lehető legkisebb, biztos lehet benne, hogy statisztikai mennyiségű játék után nem veszít többet, mint a fenti stratégiához tartozó maximális veszteség. Mivel ez az érték pontosan meg fog egyezni az ellenfél által hasonlóképpen

meghatározott minimax érték ellentettjével, a játék hosszú távú kimenetele – és éppen ez a tétel lényege – csakis a játék előre meghatározott szabályaitól függ.

Számítógépek

"A tudományos elmék azon galaxisa, amelyik az atomenergia felszabadításán dolgozott, valójában a Marsról érkezett a Földre. Nehezen esett idegenszerű kiejtés nélkül beszélniük angolul, ez pedig elárulta volna őket. Ezért azt állították magukról, hogy ők magyarok, hiszen közismert e nép azon sajátossága, hogy anyanyelvén kívül semmi más nyelvet nem tud furcsa kiejtés nélkül használni. Ezt az állítást azonban nehéz volna ellenőrizni, hiszen Magyarország oly messze van Amerikától." (Fritz Houtermans szavai, amelyeket Marx György „A marslakók érkezése” című könyvének borítóján idéz.)

4. Hogyan jutott el Neumann János a First Draftig?

Neumann János „ismerkedik” a számológéppel (Moore School)

Neumann Jánost 1943-ban kinevezték tanácsadónak az atombomba előállítását előkészítő Manhattan-projekthez, egyúttal az aberdeeni Ballisztikai Kutató Laboratóriumba is. Az itt felmerülő numerikus matematikai problémák megoldásához mindinkább szüksége lett volna valamilyen mechanikus gyors számolóeszközre. Ezt többször szóvá is tette. 1944 januárjában levelet írt Warren Weavernek, az Alkalmazott Matematikai Bizottság elnökének. Azt kérdezte, hogy a kormánynak milyen eszközei vannak a számítások elvégzésére. Weaver beszélt neki Aikenről, Stibitzről és Wallace Eckertről. A Moore Schoolt nem említette meg, mert nem tartotta reális kezdeményezésnek.



14. ábra: A Pennsylvániai Egyetem villamosmérnöki kara, a Moore School, ahol az ENIAC épült. Az ENIAC emléktábla.

Pedig Moore Schoolban Mauchly és Eckert vezetésével – John V. Atanasoff elveinek a felhasználásával – ekkor már elkezdték építeni az ENIAC, Electronic Numerical Integrator and Computer első elektronikus számolóeszközt. Az 1923-ban létrehozott „Moore School of Electrical Engineering” a Pennsylvania Egyetem önálló elektromérnöki részlege, „kara” volt.

Találkozás a pályaudvaron

Tanácsadóként Neumann sokat utazott Los Alamos, Aberdeen és Princeton között. 1944 júniusában az aberdeeni pályaudvar peronján állt, amikor Goldstine csatlakozott hozzá. Hermann H. Goldstine matematikus a hadsereg, a Pentagon képviselőjeként vett részt az ENIAC projektben. Goldstine azonnal megismerte Neumannt, mert néhány évvel korábban részt vett egy konferencián, ahol az előadók egyike Neumann János volt.

Neumann János nagyon kedvesen fogadta Goldstine bemutatkozását, és megkérdezte, hogy mi járatban van itt. Goldstine elmondta, hogy az ENIAC projektben vesz részt. Mindjárt el is mesélte Neumann-nak, hogy ez az ENIAC gép 333 szorzást végez másodpercenként. Neumann-nak a szemei felcsillantak. A beszélgetésről Goldstine azt mondja, hogy a találkozás pillanatok alatt egy doktorátusi vizsgává változott, Neumann mindenről kikérdezte az ENIAC géppel kapcsolatban. Goldstine megemlíti azt is, hogy Neumann teljesen megértette, miről van szó, és hogy mit tud az ENIAC.

Látogatás a Moore Schoolban

Néhány nappal később Neumann felhívta Goldstine-t és arra kérte, hogy mutassa be neki Moore Schoolt, ahol az ENIAC gép épült. Mauchly így emlékszik vissza arra az időre. „A látogatásról valamikor augusztus első hetében hallottunk. Mondták, hogy ide jön egy kiváló matematikus, beszélni akar velünk, és könnyen meglehet, hogy nagy segítséget nyújthat nekünk, mivel ő a világ legnagyobb matematikusa. Izgatottan vártam, hogy találkozzam ezzel az emberrel és kiderüljön, hogy miben tud segíteni.”

A látogatás végül szeptember első hetében létre is jött. Goldstine bemutatta a Moore Schoolban dolgozó munkatársakat, és megmutatta az akkumulátorokat, mai kifejezéssel regisztereket. Ez egy kicsivel gyorsabban számolt, mint Neumann János.

„Neumann János megnézte a kiállításunkat, és mindenről mindent elmondtunk neki. Utána bementünk egy szobába, és elkezdtünk beszélgetni egy tábla előtt. Ismertettük vele a gép terveit, amit éppen építettünk. Neumann világosan és azonnal megértette, hogy ennek a gépnek milyen számítási képessége lesz, és ennek az ENIAC gépnek a Los Alamosban – ahol az atomkutatások folytak – felmerülő problémák megoldásában nagy szerepe lehet.

A beszélgetés közben Neumann egészen előre ment, és elkezdett gondolkodni azon, hogyan lehetne a mi terveinkhez képest jobb számológépeket építeni” – mondta Mauchly.

Neumann János, a tanácsadó

Neumann János ettől kezdve tanácsadóként bekapcsolódott az ENIAC projektbe, és több alkalommal is meglátogatta Moore Schoolt. Lelkes támogatójává vált a Moore Schoolban folyó munkának. Állandó kapcsolatban állt Mauchly-val és Eckerttel. Neumann különösen a számítógép logikai felépítésének az elemzésében volt nagy segítségükre. A technikai részek abban az időben nem keltették fel Neumann érdeklődését.

Neumann János közreműködése az ENIAC-ban nem csak szakmailag volt jelentős, hanem azzal is, hogy a fejlesztés végén bekapcsolódva, nevének presztízse miatt a tervezők további 105 000 dollárt kaptak a Pentagontól 1944 októberében.

Neumann megjelenésével a korábban szokásos informális beszélgetések helyett napirendekben meghatározott üléseken vitatták meg a problémákat. Neumann János nagyon aktív volt ezeken az üléseken, rengeteg javaslatot tett. Az ENIAC-kal a fő probléma a programozható memória volt. Látták, abból a célból, hogy a gép igazán jól használható legyen, szükség van arra, hogy mind az utasításokat, mind pedig, az adatokat „meg tudja jegyezni”, és hogy az utasítások anélkül lehessenek megváltoztathatók, hogy egy operátornak dugaszolással, billentyűk lenyomásával kellene változtatni a programon, mint az ENIAC esetében.

Eckert és Mauchly közben megkapta az ENIAC-ra a szabadalmat. Gyakorlati szakemberek voltak, és világosan látták a gépeiknek a kereskedelmi lehetőségeit. A Moore Schoolban sokan nem hitték, hogy a számítástechnikából kereskedelmi haszon is származik.

Annak, hogy Neumann János „becsatlakozott” a Moore School Projektbe, két közvetlen hatása is volt. Az első, hogy elismertette a projektet, például a Nemzeti Védelmi Kutatási Bizottsággal, aminek eredményeképpen további támogatást kaptak a projekthez. A második eredmény az volt, hogy miután Neumann János is érdekelt volt az ENIAC-programban, a Moore Schoollal szerződést kötöttek, megrendelést kapott a hadügyminisztériumtól egy új, sokkal nagyobb teljesítményű számítógépnek, az EDVAC-nak a kifejlesztésére. Az új gép neve EDVAC, Electronic Discrete Variable Computer = Elektronikus Diszkrét Változójú Számítógép.

Neumann először, mint potenciális felhasználó érdeklődött a Moore Schoolban folyó munkálatok iránt, de később, már mint tudományos és technikai tanácsadó a projekt egyik

főszereplőjévé vált. Számos konferencián vett részt, amelyeken javaslatokat fogalmazott meg az EDVAC logikai tervezésével kapcsolatban.

Amikor Neumann Los Alamosban volt, állandó levelezésben állt Goldstine-nel, aki informálta őt a projekt haladásáról. Neumann Goldstine közvetítésével juttatta el javaslatait a projektben résztvevőknek.



15. ábra: Az EDVAC, a Moore School-ban tervezett második, de már tárolt programú, soros működésű elektronikus, elektroncsöves számítógép. (1945)

A „Jelentés”

1944 szeptemberétől Neumann János aktív résztvevője volt az EDVAC projektnek.

1945. június 30-án Neumann Jánostól egy 101 oldalas dokumentum érkezett a Moore Schoolba, Los Alamosból. A címe a következő volt: „First Draft of a Report on the EDVAC” Ebben a dokumentumban Neumann János az EDVAC gép teljes leírását adja, összefoglalva mindazon gondolatokat, amelyek Moore Schoolban jöttek létre az új géppel kapcsolatban. Az anyagban leírta a gép logikáját, a gép felépítését. Neumann a gépet gyors működésű, automatikus, digitális számítórendszernek nevezte.

Neumann János elképzelését jelentősen befolyásolta Warren McCulloch neuropszichológus és Walter Pitts matematikus munkássága, akik 1943-ban egy dolgozatot publikáltak, amelyben az emberi agy működését, illetve az agy pszichológiáját úgy írták le, mint egy, az agy által elvégzett logikai kalkulust. Neumann János az elkészített dokumentumban erre hivatkozott, felhasználta McCulloch és Pitts elképzeléseit.

5. First Draft of a Report on the EDVAC

Neumann megjegyezte, „azért írta meg ezt a jelentést, hogy hozzájáruljon a nagysebességű számítógépekkel kapcsolatos ismeretek további fejlődéséhez, továbbá a lehető legkorábban és legkiterjedtebben tárgyalja az e tárggyal kapcsolatos tudományos és műszaki elgondolásokat”.

1. Definíciók

1.1. A „Jelentés” nagyon nagy sebességű, automatikus, digitális számítási rendszerekkel és ezek logikai vezérlésével foglalkozik.

1.2. Egy automatikus számítási rendszer olyan berendezés, amely utasítások végrehajtására képes abból a célból, hogy számításokat végezzen jelentős bonyolultságú problémák megoldására, például nemlineáris parciális differenciálegyenletek numerikus megoldása céljából.

Ebben a pontban látszik, hogy Neumann a számítógépet teljességében matematikai gépnek tekintette, arra, hogy mire lesznek képesek ezek a gépek a harmadik évezred elejére, talán soha nem is gondolt.

Az utasításokat részletesen meg kell adni. Az utasításoknak tartalmazniuk kell minden numerikus információt, amely a probléma megoldásához szükséges, mégpedig a kezdő és peremfeltételeket, a fix paraméterek értékeit, sőt azokat a függvénytáblákat is, amelyek a probléma leírásában szerepelnek. Az utasításokat kártyán, lyukszalagon, mágnesezett acélszalagon vagy huzalon, filmen stb. kell megadni. A feladatok megoldására szolgáló eljárások megadására kódokat, utasításokat kell használni, amelyekkel le lehet írni a megoldandó probléma logikai és algebrai lépéseit. A gépnek adott utasításoknak alkalmasnak kell lenniük arra, hogy további emberi beavatkozás nélkül, teljességgel végrehajthatók legyenek. A műveletek végrehajtása után a gépnek fel kell tudnia jegyezni az eredményeket a fent említett formában. Az eredmények numerikus adatok.

Ezekből a mondatokból még jobban látszik, hogy Neumann a számítógépet például differenciálegyenletek megoldására szánta, hiszen neki akkor erre volt szüksége az atombombával és a ballisztikai rakétákkal kapcsolatban is.

1.3. Nyilvánvaló, hogy a berendezésnek általában jóval több numerikus adatot kell produkálnia, mint amit végeredményként várunk. Ez azt jelenti, hogy a numerikus output csak egy része a ténylegesen képződő számoknak.

1.4. Természetesen feltesszük, hogy a gép automatikus működése közben hibátlanul végzi el a számításokat, hibátlanul hajtja végre az utasításokat. Az is nyilvánvaló, hogy egy berendezés hibátlan működése csak bizonyos valószínűséggel várható. Egy komplikált gép esetén, és ráadásul egy hosszú műveletsorozat elvégzése közben, nem reális feltételezni, hogy a hiba keletkezésének valószínűsége elhanyagolható. Abból a célból, hogy a hibákat felismerjük, és korrekciókat tudjunk végrehajtani, mindenképpen szükséges az emberi beavatkozás.

Bizonyos mértékig ezek a hibás működések elkerülhetők, a gép felismerheti a leggyakrabban előforduló hibákat, automatikusan megjelölve, kiírva ezek létrejöttét és helyét egy kívülről látható jelsorozat segítségével, és megáll, vagy esetleg maga hajtja végre, mégpedig automatikusan, a korrekciókat és folytatja a működését.

Ez a probléma évek múlva is foglalkoztatja Neumann Jánost. Elméletileg vizsgálja azt, hogy lehet-e olyan automatát szerkeszteni, amelyik a saját hibáit „felismeri” és kijavítja. Egy érdekes matematikai tételt is kimond és bizonyít.

2. A rendszer főbb alkotóelemei

2.1. A gép működésének elemzése után kézenfekvőnek látszik, hogy a gépnek az alábbi fő alkotóelemekből kell állnia.

2.2. Mivel a létrehozandó berendezés elsősorban számológép, ezért az alapműveletek: összeadás (+), kivonás (–), szorzás (×), osztás (÷) műveletének elvégzésére kell képesnek lennie, és erre speciális alegységekkel kell rendelkeznie.

Felvetődhet, hogy vajon szükséges-e mind a négy alapművelet, illetve a négy alapművelethez tartozó berendezés. Az is meggondolandó, hogy az olyan műveleteket, mint a $\sqrt{\quad}$, $\sqrt[3]{\quad}$, sgn , $||$, vagy \log_{10} , \log_2 , \ln , \sin stb. függvényeket és inverzeiket nem kell-e beépíteni. Lehet, hogy éppen szűkíteni kell a műveletek körét, elhagyva az osztást (÷) és akár a szorzást (×) is. Felvetődhet, hogy sokkal rugalmasabb szerkezet szükséges, például olyan, amely függvénytáblák létrehozására képes, vagy éppen szukcesszív approximációs módszert valósít meg.

A szukcesszív approximációval a fokozatos közelítés módszerével sok matematikai feladatot lehet közelítőleg megoldani, ezért kézenfekvő volt ennek a módszernek a gépbe való beépítése.

Mindenesetre leszögezhető, hogy a szerkezetnek rendelkeznie kell egy központi aritmetikai egységgel, és ez alkotja a számológép első specifikus főelemét, amit Central Arithmetic-nak nevezünk és CA-val jelölünk.

2.3. Szükség van a számológépben egy logikai vezérlőegységre, amely gondoskodik az egymás után következő műveletek végrehajtásáról. A létrehozandó berendezésnek eléggé rugalmasnak, vagyis általános rendeltetésűnek kell lennie. Különbséget kell tenni a speciális utasítások, amelyekkel egy adott partikuláris problémát lehet megoldani, és az általános vezérlés között, amely végrehajtja az előbbi műveleteket. A vezérlőegységnek az utóbbi a feladata. A vezérlőegység tehát a második fontos eleme a számológépnek, Central Control-nak, központi vezérlőnek nevezük, és CC-vel jelöljük.

2.4. A harmadik alapegység a memória.

a) Az osztási, illetve szorzási műveletek végrehajtása közben a részeredmények tárolásához mindenképpen szükség van memóriára. Kisebb mértékben ugyan, de az összeadás és a kivonás is igényel memóriát. Az átvitelt több pozíción keresztül kell mozgatnunk. Különösen szükséges a memória a négyzetgyök vagy a köbgyök kiszámításánál.

b) Az utasítások is, amelyek a feladat megoldásához szükségesek, szintén egy memóriában tárolandók.

c) Számos matematikai probléma megoldásánál bizonyos speciális függvények fontos szerepet játszanak. Ezeket rendszerint táblázat alakjában adjuk meg, máskor pedig analitikus kifejezésekkel. Egyszerűbb és gyorsabb egy fix táblázatból kikeresni az értékeket, mint mindig újból kiszámítani, ahányszor csak szükség van rájuk. Rendszerint elegendő olyan táblázatokat használni, amelyekben 100–200 pontban adjuk meg a függvényértéket, és interpolációt célszerű használni.

Az interpolációs módszer lényege: adott pontokban ismert függvényértékekből egy speciális formulával számítjuk ki (közelítőleg) a függvénynek a közbülső pontokhoz tartozó értékeit.

Lineáris vagy akár kvadratikus interpoláció sok esetben nem elegendő, célszerű inkább köbös vagy negyedrendű interpolációt, akár magasabbat használni. A 2.2. pontban említett függvényeket hasonló módon kezelhetjük, tehát a függvények értékeit interpolációval számítjuk ki. Sőt a reciprokot (tehát az $\frac{1}{x}$ függvényt) is érdemes lehet ily módon kezelni, így az osztás műveletét szorzásra tudjuk visszavezetni.

Mai szemmel nézve nagyon érdekes, hogy Neumann János ekkor még úgy gondolta, hogy a függvényeket táblázat alakjában kell bevinni, és nem direkt módon – bármely pontban – közelítő formulákkal kiszámítani. Ma a legegyszerűbb zsebszámológép is az összes elemi függvény (\sqrt{x} , $\sin x$, $\cos x$, e^x stb.) értékét egy adott pontban programmal számítja ki. Természetesen Neumann János jól ismerte azokat a módszereket, amelyekkel az elemi függvényeknél komplikáltabb függvények értékei jó közelítéssel kiszámíthatók, de úgy látszik, nem gondolt arra, hogy az aritmetikai egység elég gyorsan boldogul a formulák kiszámításával.

d) Differenciálegyenletek megoldásánál a kezdeti, illetve a peremfeltételek nagy numerikus anyagot jelenthetnek, ezeket is meg kell jegyezni, tárolni kell, tehát ehhez is szükséges a memóriaegység.

e) A hiperbolikus vagy parabolikus típusú parciális differenciálegyenleteket, amiket integrálnak egy t változó mentén, a közbenső eredmények, amelyek a t ciklushoz tartoznak, rögzíteni kell, a $t + dt$ ciklus kiszámításához. Ez a (d) típusú adat nagy mennyiségű, kivéve, ha azt nem az emberi üzemeltetők helyezik bele a gépbe, és nem termeli maga az eszköz az automatikus működése folyamatában.

f) Teljes differenciálegyenleteknél (d), (e) szintén jelentkezik, de kisebb memóriakapacitásokat igényelnek. További memória típusra (d) van szükség a problémákhoz, amelyek függenek az adott állandóktól, rögzített paramétereiktől, stb.

g) Problémák, melyeket fokozatos közelítéssel oldottak meg (pl. az elliptikus típusú parciális differenciálegyenletek, amelyeket fokozatos közelítési módszerrel kezeltek) egy memóriát kíván (e): Mindegyik közelítés eredményére emlékezni kell, amíg a következőt kiszámítják.

h) Bizonyos statisztikai kísérletekben előforduló rendezési problémákhoz is szükséges memória abból a célból, hogy rögzítsük azon adatokat, amelyekre a rendezést végezzük.

2.5. Összefoglalva a harmadik egységgel kapcsolatos mondanivalónkat: a berendezéshez mindenképpen kívánatos egy jelentős nagyságú memória. A memória különböző részein természetükben különböző műveleteket kell elvégezni, és jelentősen különbözhetnek rendeltetésükben, mégis a teljes memóriát mint egy egységet kell tekintenünk, biztosítani kell a különböző részek közötti felcserélhetőséget.

Neumann itt voltaképpen arról ír, hogy a memóriában nem kell külön helyet kijelölni az adatoknak, utasításoknak, az induló adatoknak és az eredményeknek stb., ezek egységesen tárolhatók.

A berendezésnek tehát egységes memóriát kell tartalmaznia, ami a harmadik specifikus része a számológépeknek, jelöljük ezt az egységet M-mel.

2.6. Ezek a specifikus egységek CA, CC (együtt C) és M voltaképpen megfeleltethetők az emberi szervezetben létező, az ember idegrendszerét alkotó asszociatív neuronoknak. Meg kell még vizsgálnunk, mi felel meg az érző (szenzor, afferens) és mi a motoros (mozgató, efferens) idegrostoknak. Voltaképpen az input, ill. az output felel meg a neuronrendszerben lévő szenzor-, illetve motoros elemeknek.

A numerikus (és más) információknak a C és M egységek közötti átvitelét olyan mechanizmusoknak kell megoldaniuk, amelyek ezen egységek részét képezik. Szükséges az is, hogy az eredeti, külső információt is be lehessen vinni a számítógépbe, és a végső információkat, tehát az eredményeket ki lehessen vinni a számítógépből a külvilág számára. A külső információknak, vagyis a gépbe beviendő adatoknak a létrehozása direkt módon, emberi tevékenység útján történik, gépeléssel, lyukasztással, fotografikus fényimpulzusokkal, amit valamilyen billentyűkkel hozunk létre, vagy valamilyen fémszalag mágnesezése révén. Ezeket statikusan tároljuk.

A számítógépnek tehát rendelkeznie kell azon képességgel, hogy kezelni tudja a bevitt és a kivitelt, mégpedig úgy, hogy bizonyos speciális médiumok olvasására, illetve ezekre való írásra legyen képes. Ezeket a médiumokat, külső médiumoknak fogjuk hívni és R-rel jelöljük.

2.7. A berendezésnek rendelkeznie kell olyan egységekkel is, amelyek képesek a numerikus vagy más információkat átvinni R-ből C-be és M-be. Ezek az egységek a gép inputját képezik. Ezt tekintjük a számológép negyedik specifikus alegységének, és I-vel jelöljük. Jó megoldásnak az látszik, hogy az információkat R-ből, I-n keresztül, M-be visszük, és sohasem direkt módon a C-be.

2.8. A számítógépnek rendelkeznie kell egy olyan egységgel is, amely ki tudja vinni a lényegében csak numerikus információt a C-ből és az M-ből R-be. Ezek az egységek a gép outputját jelentik, és ez az ötödik alegysége a gépnek, amit O-val jelölünk. Úgy gondoljuk, hogy itt is az átvitt M-ből O-n keresztül valósítjuk meg, közvetlenül R-be és soha nem C-ből.

2.9. Az output információt, amely R-re megy ki, úgy tekintjük, mint a szerkezet által produkált végeredményt, ami a megoldott probléma eredménye. Ezt jól meg kell különböztetni a közbülső eredményektől, amelyek végig M-ben maradnak (amikről a 2.4 pontban beszéltünk).

Ezen a ponton egy fontos kérdés merül fel. A gépben keletkező eredmények természete miatt mindenképpen szükséges, hogy a memóriának, az M-nek legyen olyan képessége is, amit az R át tud venni az M funkcióiból, mivel amellet, hogy az R többé-kevésbé emberileg érzékelhető információt tartalmaz, memóriatulajdonsággal is rendelkezik, és ebben a minőségében kiegészítheti M-et.

3. A tárgyalás menete

3.1. A 2.0-ban történő csoportosítás kész, ezért lehetőség van az öt speciális részről – amelyet láttunk, hogy felbomlik az eszköz - egyesével beszélni. Egy ilyen tárgyalásnak szükségképpen mutatnia kell az egyes egységekhez szükséges jellemzőket és egyúttal az egymás közötti relációkat. Meg kell határozni azt a speciális folyamatot, mely a számokat dolgozza fel az eszköz szemszögéből, aritmetikus műveletek végrehajtásához és az általános logikai irányításhoz. Az időzítés és sebesség összes kérdése, és a relatív súlya a különböző faktoroknak meg kell, hogy jelenjen az elmélkedésben.

3.2. Az ideális tárgyalási menet az lenne, ha egy meghatározott sorrendben haladnánk az elemeken, kimerítően beszélénk róla, és miután az egyiket már teljesen tárgyaltunk, ugranánk a következőre. Habár, ez nehezen kivitelezhető. A különböző részek kívánatos jellemzői, és az azokon alapuló döntések, csak egy bizonyos bonyolult tárgyalás útján merülnek fel. Ezért szükséges először elkezdeni tárgyalni az első részt, majd egy részleges tárgyalás után elkezdeni a másodikat, egy azonosan részleges tárgyalás után kombinálni az eredményeket az elsővel, azután lehetőség szerint tárgyalni a harmadikat, és így tovább. Továbbá az egyes részokról szóló tervek keveredni fognak az általános elvekről írottakkal.

A tárgyalás során a kívánatos jellemzők és intézkedések, melyek a legmegfelelőbbnek bizonyulnak, alapvetően kikristályosodnak, mindaddig, ameddig az eszköz és irányítása relatíve meghatározott.

3.3. A tárgyalás során 1.4. szempontjait figyelembe véve kereséssel, hellyel-közzel korrekciókkal, a hibák is átgondolásra kerülnek. A hibaellenőrzés lehetőségeire kell nagy hangsúlyt fektetni. Teljes igazságot nem tudunk tenni, de hozzávetőleges irányadást adhatunk.

4. Elemek, szinkronizáció, neuronanalógia

4.1. Minden digitális számológépet diszkrét egyensúlyi állapotokat felvevő, relé típusú elemeket tartalmaz.

Egy ilyen elem két- vagy többállapotú lehet. Ezek lehetnek teljesen egyensúlyi, stabil állapotok, amelyekben az elem külső hatás nélkül is megmarad az adott állapotban, miközben valamilyen megfelelő külső hatásra egyik egyensúlyi állapotból képes átmenni egy másik egyensúlyi állapotba.

Kétállapotú elem esetén egyik állapotban marad, ha nincs külső hatás, míg a másikba kerül, ha adott külső hatás éri.

Az eddigi számoló-berendezések különféle mechanikus vagy elektronikus szerkezeti elemeket használtak: fogaskerekeket, amelyek 10 vagy több állapotot reprezentálnak úgy, hogy akár mechanikusan, akár elektromos impulzus útján más fogaskerekeket mozgatnak egy fokkal arrébb az új állapotba, vagy telefonreléket, amelyek elektromágneses hatással nyitnak vagy zárnak egy elektromos áramkört. Lehetséges az első kettő kombinációja is. Végül természetesen szóba jöhetnek elektroncsövek is, amelyek szintén alkalmasak adott állapotok reprezentálására.

Minden ilyen szerkezet autonóm módon ütemezi magát, a benne lévő elemek szukcesszív ütemezése révén. Lehet az ütemezést egy fix órával is végezni, amely előre definiált periódusokban ad ütemjeleket. Az ütemező lehet pl. egy forgó tengely, vagy egy kristályvezérlésű elektromos oszcillátor. Az elem fogalmát a fenti értelemben használjuk, és a berendezést szinkron vagy aszinkron típusúnak hívjuk attól függően, hogy az ütemezés órával vagy autonóm módon történik.

4.2. Megemlítjük, hogy a magasabb rendű élőlények neuronjai az előbbi értelemben elemeknek tekinthetők. „Minden vagy semmi” tulajdonsággal rendelkeznek, azaz két állapotuk van, nyugalmi és ingerületi. A neuronok teljesítik mindazon paramétereket, amit az előbb az úgynevezett elemekről elmondtunk. Egy ingerületi állapotban lévő neuron, standard hatásokat fogad be, tengelyfonalakon (axonokon) keresztül. Ilyen vonal azonban két különböző módon kapcsolható a következő neuronhoz. Egyfelől egy ingerületi szinapszissal úgy, hogy a hatás ingerületbe hozza a neuront. Másfelől egy úgynevezett inhibitor szinapszissal, amelynek olyan tulajdonsága van, hogy teljes mértékben megvédi az ingerülettől, bármelyik más neuronból is jöjjön az. A neuronnak határozott reakcióideje van a hatás befogadása és a kimeneti hatás közötti idő, ez az úgynevezett szinaptikus késés.

Követve Warren S. McCulloch és Walter Pitts dolgozatát, amely 1943-ban jelent meg („A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity”, Bull. Math. Biophysics Vol 5., (1943)), és ha ugyanúgy, mint ők, elhanyagoljuk a neuron működésének bonyolultabb aspektusait, az ingerküszöböt, az időleges összegezést, a gátlást stb., akkor meg lehet mutatni, hogy az egyszerűsített neuron működése teljességgel utánozható, imitálható egy telefonrelével vagy egy elektroncsővel. Az idegrendszer a szinaptikus késleltetést tekintve valószínűleg aszinkron működésű.

4.3. Világos, hogy a nagyon gyors számítási eszközökbe vákuumos elektroncsöveket kell beépíteni. Az elektroncsövekkel nagyon jó, mikroszekundum nagyságrendű reakcióidő, szinaptikus késleltetés érhető el, 10^{-6} szekundum. Ez olyan teljesítmény, amelyet semmilyen más eszközzel nem lehet megközelíteni. Nyilvánvaló, hogy a tisztán mechanikus eszközök ilyen szempontból nem jönnek számításba, és a telefonrelék reakcióideje is 10 milliszekundum nagyságrendű, vagy talán ennél is nagyobb. Érdekes megjegyezni, hogy az emberi neuron szinaptikus késleltetése 10^{-3} , azaz 1 milliszekundum nagyságrendű.

A további vizsgálatainkban az elektroncsöveket tekintjük a szóban forgó számoló-berendezések elemeinek. Megkíséreljük a csövek minden paraméterét elemezni, olyan elektroncsöveket felhasználva, amelyek a kereskedelemben kaphatók. Ne használjunk nagyon bonyolult elektroncsöveket, és olyanokat sem, amelyek alapvetően új funkciókkal rendelkeznek. Végül megemlítjük, hogy a szinkronberendezések lényeges előnyökkel járnak.

5. Az aritmetikai műveletek fontosabb elvei, tulajdonságai

5.1. Vizsgáljuk meg a központi aritmetikai egységet, a CA-t.

Az elektroncső – mint egy áramszelep vagy kapu – egy „minden vagy semmi” típusú szerkezet, ugyanis a rácsra bocsátott feszültségtől függően vagy átengedi, vagy nem engedi át az áramot. Két triódából vagy egy pentódából ún. trigger áramkörök hozhatók létre, amelyeknek két egyensúlyi állapotuk van.

Mivel a számítógépekben az elektroncsöves áramköröknek kell kezelniük a számjegyekből álló számokat, célszerű olyan aritmetikát használni, amelyben a kezelendő számjegyeknek két értéke van. Ez azt jelenti, hogy a bináris számrendszert kell alkalmazni.

5.2. A bináris számrendszer alkalmazása jelentősen egyszerűsítheti a szorzási és osztási műveletet is. A bináris aritmetikának egyszerűbb logikai struktúrája van, mint minden másnak.

Megemlítjük, hogy azon numerikus anyag, amit az ember direkt módon kezelni tud, természetesen tízes számrendszerben van felírva. Ez azt jelenti, hogy az R-ben, tehát az inputban és outputban szereplő számok decimálisak. De mindenképpen előnyös a tisztán bináris aritmetikát alkalmazni a CA-ban, és ugyanilyeneket a központi vezérlőegységben, a CC-ben is. Ebből viszont az következik, hogy az M-nek, tehát a memóriának, bináris számokat kell tartalmaznia.

Az előbbieket azt is jelentik, hogy szükségünk van decimális-bináris, illetve bináris-decimális konverzióra, amelyeknek az I-ben, illetve az O-ban kell szerepelniük. A konverziókhöz sok aritmetikai művelet szükséges, ezért ezeket a számításokat a leggazdaságosabb a CA-ban elvégezni, és nyilván szerepet kap az I-vel és az O-val kapcsolatban lévő vezérlőegység, a CC is. A konverzióban szereplő aritmetikai műveleteknek teljesen binárisoknak kell lenniük.

5.3. Ezen a ponton egy másik elvi kérdés is felvetődik. Minden olyan létező számológépben, ahol az elem nem elektroncső, az elem reakcióideje elegendően hosszú ahhoz, hogy bizonyos „teleszkópolást” lehessen a lépések tekintetében megtenni, mind az összeadási, mind a kivonási, de még inkább a szorzási, illetve osztási műveleteknél.

Elemezzük a dolgot a bináris szorzásnál. Az ésszerű pontosság sok differenciálegyenlet megoldásánál mintegy 8 decimális számjegy, azaz a kerekítési hiba 10–8 alatt van. Ez 2–27-nek felel meg bináris számrendszerben, azaz 27 bináris számjeggyel kell ábrázolnunk a számokat. Így a szorzásnál 27 jegyű a szorzandó, 27 jegyű a szorzó, és a szorzásnál a feladat a 0 és az 1 számjegyek szorzását jelenti, majd utána pozicionálásuk és kombinálásuk szükséges. Ez összesen lényegében 272, azaz 729 lépést jelent, a bináris szorzatoknak az összegyűjtése, valamint kombinálásuk az időt megkettőzheti. Így mintegy 1000–1500 elemi lépés szükséges két 27 jegyű bináris szám összeszorzásánál.

Nyilvánvaló, hogy decimális számrendszerben jóval kevesebb, 82, azaz 64 lépés szükséges a szorzás elvégzéséhez, ami szintén duplázandó, tehát körülbelül 100 a lépések száma. Azonban ez a kis szám azzal jár, hogy egy szorzótáblát kell alkalmaznunk, vagy más módon komplikálódna a berendezés. Ezen az áron viszont beépíthetünk a gépbe több direkt bináris egységet. A továbbiakban a decimális műveletekkel éppen ezért nem foglalkozunk.

5.4. Az 1000–1500 lépésből álló szorzási művelet elvégzése minden nem elektroncsöves berendezésben elfogadhatatlanul lassú. Minden ilyen szerkezetben – kivéve a legújabb speciális reléekkel működőkben – a reakcióidő több mint 10 milliszekundum. Ezeket

a gépeken 10–15 másodpercig tartana a két 8 decimális jegyből álló szám szorzása, míg ez 10 másodperc a gyors asztali kalkulátorokban és 6 másodperc a standard IBM-szorzókon.

Hogy elkerüljük ezt a hosszú időt, a műveletek teleszkópizálására van szükség, azaz annyi műveletet kell elvégezni egyidejűleg, vagyis szimultán módon, amennyit csak lehet. Ez nem egyszerű, de például az összeadásnál és a kivonásnál a megfelelő (az azonos pozíción álló) számjegyek lépésenként egyszerre kezelhetők, és az átviteli számjegy is egyszerre kezelhető a soron következő pozíción lévő két számjeggyel. A szorzásnál a részszorzatok szimultán módon képezhetők és pozícionálhatók, hiszen a bináris számrendszerben egy ilyen részszorzat vagy maga a szorzandó (mert 1-gyel szoroztunk), vagy 0. A részösszegek összeadásánál az említett módszer szerint járunk el. A szorzásnál az összeadást gyorsíthatjuk a részösszegek külön, páronkénti összeadásával.

Természetesen, ha a műveletek időtartamát két összeadás egyszerre történő elvégzésével akarjuk felezni, kétszer annyi összeadó szükséges.

A nem elektroncsövekkel működő gépeknél a fenti módszer alkalmazása teljesen indokolt a műveleti idők csökkentése céljából, hiszen itt ez nagyon fontos, és ebben nagy mérnöki tapasztalat halmozódott fel. Egy valóban univerzális automatikus számoló-berendezés, amely a fenti elvek alapján működik, több mint 10 000 elemből áll.

5.5. Úgy tűnik, hogy egy elektroncsöves berendezésnél a fentiekkel ellentétes eljárás sokkal ígéretesebb.

Mint a 4.3. pontban már mondtuk, egy nem túl bonyolult elektroncsőnél a reakcióidő egy mikroszekundumnál rövidebb lehet. Ilyen idő mellett egy nem manipulált szorzás elvégzéséhez szükséges időtartam elfogadható: 1000–1500 lépés, azaz 1–1,5 milliszekundum, ez jóval kevesebb, mint bármilyen nem elektroncsöves szerkezet esetén; így nem biztosítható az embernek az input-output végeken történő szinkron (ugyanolyan ütemű) módon való beavatkozási lehetősége (ütemkülönbség miatt).

Ami az összeadást, illetve kivonást illeti, ezek jóval gyorsabban végrehajthatók. Két 27 bináris számjeggyű összeadás esetén legfeljebb kétszer 27, azaz mintegy 30–50 lépés szükséges, ez 0,03–0,05 milliszekundumot tesz ki. Az osztási művelet időigénye kb. annyi, mint a szorzásé, és a gyökvonásé sem lényegesen több.

5.6. Ezen aritmetikai műveletek gyorsítása nem látszik szükségesnek, legalábbis addig nem, amíg teljességgel meg nem ismerjük ezeket a nagyon nagy sebességű szerkezeteket. Kérdéses, hogy jó megoldás-e a teleszkópikus módszerrel történő

műveletgyorsítás az ehhez szükséges elemek számának többszörözése árán. A sokkal komplikáltabb elektroncsöves berendezés sokkal szélesebb tűrést igényelhet az ütemek tekintetében, azaz hosszabb reakcióidő lehet szükséges. A pontos kvantitatív hatásokat nehéz megbecsülni.

Úgy tűnik tehát, helyes az alábbi álláspont: a berendezésnek olyan egyszerűnek kell lennie, amilyen csak lehet, azaz a lehető legkevesebb elemből kell állnia. Ezt úgy tudjuk elérni, hogy nem végzünk el a gépben két műveletet szimultán módon, ha ez jelentősen megnövelné a szükséges elemek számát. A berendezés így megbízhatóbban működik, és az elektroncsövek sokkal gyorsabban, magasabb frekvenciával hajthatók meg.

5.7. Az, hogy a fenti elv alkalmazását milyen határig erőltetjük, függ a mindenkori rendelkezésre álló elektroncsövek fizikai karakterisztikáitól. Előfordulhat, hogy az optimum nem a fenti elv 100%-os alkalmazásánál van, hanem valamilyen kompromisszumos megoldás szükséges. Ez mindig függ majd az elektroncső technika pillanatnyi állásától.

Megjegyezzük, hogy a nagy sebességű digitális számoló-berendezésekkel kapcsolatos elképzelés, az erről való gondolkodás mostanáig az előbbiekkal ellenkező irányba mutatott, azaz eddig a szükséges elemek többszöröse árán is a teleszkópikus eljárásokkal való műveletgyorsítást részesített előnyben. Mindenesetre tanulságos volna – annyira, amennyire csak lehet – az ellentétes álláspontot is elemezni.

6. Az E-elemek

6.1. Az 5. pontban megvizsgáltuk azokat az alapelveket, amelyek szerint a CA-t működtetni kell. Vizsgáljuk meg most részletesebben technikai oldalról is.

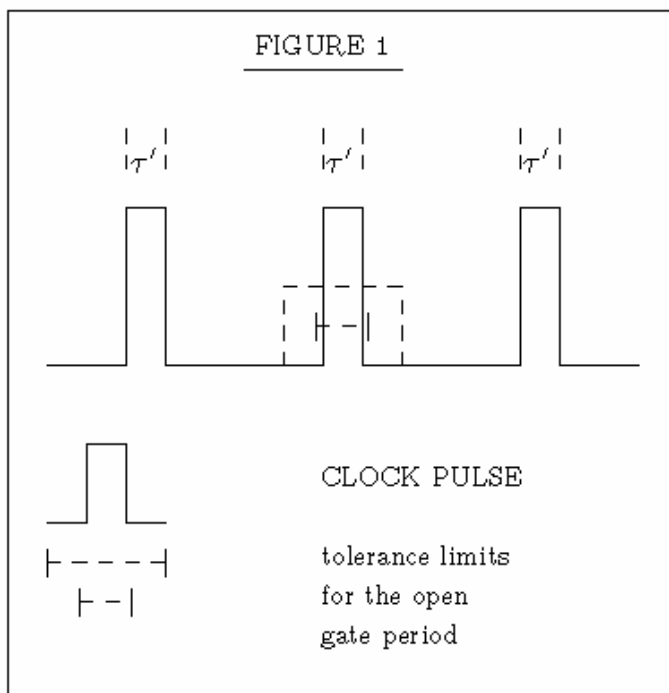
Nyilvánvaló, hogy elemzésünket az alapelemek működésére kell alapoznunk. Az ideális eljárás az elemek vizsgálatára: úgy tekinteni azokat, amilyenek valójában tudni illik elektroncsövek. Mivel nagyon sok alternatív lehetőség van az aritmetikai eljárások, logikai vezérlések stb. elrendezésére, ezért hasonlóan sok lehetőség van a különböző típusú, méretű elektroncsövek és más áramköri elemek használatára (például a gyakorlati teljesítmények alapján). Ez azonban nagyon megnehezíti a dolgunkat.

Éppen ezért vizsgálatunkat egy hipotetikus elemre alapozva végezzük, amely úgy működik, mint egy elektroncső – pl. mint egy trióda a hozzá megfelelően választott RLC áramkörrel – de önálló (izolált) egységként elemezhető anélkül, hogy rádiófrekvenciás elektromágnességi vizsgálatot is el kellene végeznünk.

6.2. Az emberi idegsejt, amit az előbbieken már tárgyaltunk, megfelel erre a célra. A továbbiakban ez képezi vizsgálataink alapját. Pontosán definiálnunk kell azonban ezen elem jellemzőit. A vizsgálandó elemet E-elemnek fogjuk hívni, és egy O körrel jelöljük. Az O elem ingerületi és inhibitor hatásokat vesz fel, és egy hozzá kapcsolódó tengelyen, saját hatásokat bocsát ki; jelöljük ezt a következőképpen: $O-$. A tengely el is ágazhat, ezt így jelöljük: $O-<$, $O-<-$. Az emisszió a tengelyen egy szinaptikus késleltetéssel halad tovább; tegyük fel, hogy ez minden E-elemre ugyanakkora; jelöljük τ -val. A késleltetést a tengelyre rajzolt nyíllal jelöljük, így: $O\rightarrow$, $O\rightarrow-<$. Ez a nyíl egyúttal a tengely indulópontját és irányát is jelzi.

6.3. Ebben a pontban a szerző elemzi az emberi idegrendszerben a szinaptikus késleltetés és a tengelyen a hatás terjedési sebessége közti különbséget, és összeveti ezt az elektroncsöves áramkörökkel. Megállapítja, hogy az emberi idegrendszerben a τ szinaptikus késleltetésnek nagy a szórása; az E-elemeknél viszont egységes, azonos τ késleltetés feltételezését javasolja abból a célból, hogy szinkronizálni lehessen a berendezés különféle egységeinek működését. Ebből a célból egy központi órát javasol (legjobbnek egy elektromos oszcillátort gondol), amely minden x periódusban egy τ' hosszúságú impulzust bocsát ki.

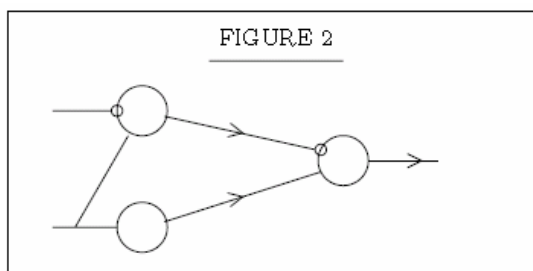
A szerző két helyen is „ígéri” ($\{\}$ hivatkozással), hogy később ezt részletezi, de ezt nem tette meg.



16. ábra Óra ütem

6.4. Mindegyik E-elem egy előtte lévő elemtől vagy egy $-O\rightarrow-$ ingerületi szinapszison $-•O\rightarrow-$, vagy egy inhibitor szinapszison keresztül veszi fel a hatást. Mint 4.2.-ben mondtuk, 1, 2, ill. 3 küszöbértékű E-elemekkel foglalkozunk, azaz olyanokkal, amelyek 1, 2, ill. 3 szimultán bejövő hatásra kerülnek ingerületi állapotba.

Használni fogunk dupla, azaz 2τ szinaptikus késleltetésű E-elemeket (jelöljük így: $-O\rightarrow\rightarrow-$) és keverteket is (jelöljük így: $-O\rightarrow\leftarrow\rightarrow-$). Így nagyobb flexibilitással csatolhatunk össze egyszerűbb struktúrákat, és ezeket elektroncsöves áramkörökkel meg tudjuk valósítani.



17. ábra

6.5. Ha megvizsgálunk néhány tipikus E-elemet, arra a következtetésre juthatunk, hogy a legtöbb ilyen elem 1-2 elektroncsővel megvalósítható.

7. A + és \times műveletek áramkörei

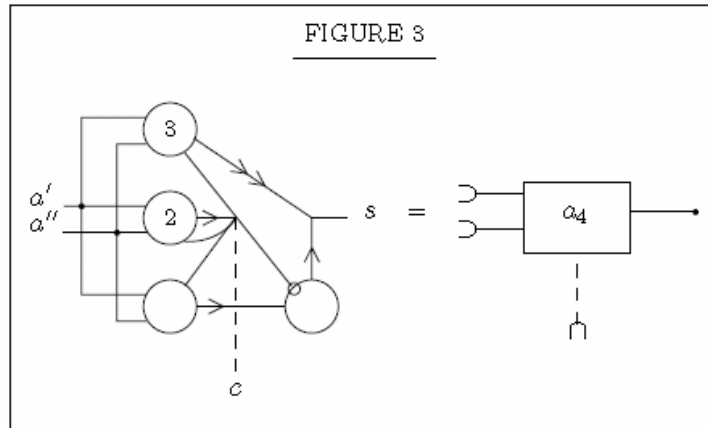
7.1. Főbb mondanivalók:

A valós számokat bináris számjegyekkel reprezentáljuk (30 bináris jegy elegendő).

A bináris számjegyeket a CA adott pontján és időpontban valamilyen hatás jelenléte (1) vagy hiánya (0) jelenti.

7.2. A különféle E-elemek ábrázolásához különféle blokkjeleket használ a szerző ($\supset-$ az input, $-•$ az output).

7.3. A szerző felrajzolja és elemzi az összeadó áramkört.



18. ábra Az összeadás műveletének áramköre

7.4. A szorzási áramkör lényegesen különbözik az összeadásétól. A szorzáshoz a részleteredményeket meg kell jegyezni.

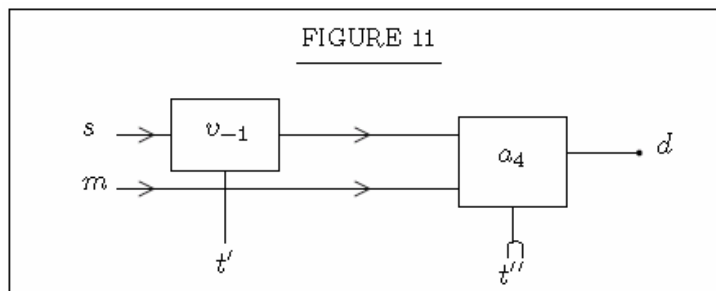
7.5. 7.5.–7.6. Az E-elemek memóriaként is használhatók.

7.6. 7.7.–7.8. A szerző részletesen leírja a szorzási művelet áramkört.

8. A – és az ÷ műveletek áramkörei

8.1. A kivonás műveletéhez szükség van az előjelre. Legyen ez a bal első bináris jegy (0 a –, 1 a + előjel).

8.2. Ebben a pontban a szerző megépíti (felrajzolja) a kivonás műveletének áramkört.



19. ábra A kivonás műveletének áramköre

9. A bináris pont

9.1. A bináris pont definiálása a szorzás és az osztás műveleténél feltétlenül szükséges.

9.2. Mivel két 30 jegyű szám szorzata 60 jegyű lesz, de az eredmény tárolására 30 jegy áll rendelkezésre, ezért 30 jegy elvész. Megoldódik a probléma, ha a bináris pontot az

előjel után helyezzük el, vagyis ha a gépben csak -1 és 1 közé eső számok ábrázolását tesszük lehetővé.

9.3. A fentiek azt jelentik, hogy a számítási feladatot úgy kell transzformálni (2-i-vel való szorzással), hogy a beírt számok és a műveletek eredményei -1 és $+1$ közé essenek.

a) Az összeadást és a kivonást nem lehet elvégezni, ha az eredmény nem -1 és $+1$ közé esik (hanem -2 és $+2$ közé).

b) Nem lehet az osztást elvégezni, ha az osztó kisebb (abszolút értékben), mint az osztandó.

Ha ezeket a szabályokat megszegjük, az összeadó, a kivonó, az osztó egység ugyan eredményt ad, de ez nem lesz az összeg, a különbség vagy a hányados.

9.4. Ebben a pontban a szorzás és az osztás kerekítésével foglalkozik a szerző. (Bevezet egy „kerekítési szelep”-et.)

10. A gyökvonás áramköre

Más műveletek

10.1.–10.2. A szerző megmutatja, hogy a gyökvonás áramköre nem tér el lényegesen az osztás áramkörétől.

10.3. Miután megszerkesztettük az összeadás, kivonás, szorzás, osztás, gyökvonás műveletének áramkörét, vajon hogyan lehet ezeket integrálni a CA-ban?

Mielőtt erre válaszolnánk, vizsgáljuk meg, feltétlenül fontos-e minden fenti műveletet beépíteni a CA-ba.

Felvetődhet, hogy a logaritmustábla alkalmazásával a szorzás, osztás, gyökvonás műveletét vissza lehet vezetni összeadásra és kivonásra, de egy ilyen táblának legalább 109 értéket kellene tartalmaznia. A következtetés: a szorzás legyen az alapl műveletek között.

Az \div és a $\sqrt{\quad}$ műveletek közelítő formulák alkalmazásával visszavezethetők az összeadás, kivonás, szorzás műveletére. De ha a szorzás hosszú ideig tart, akkor ezek a műveletek is hosszú ideig tartanak.

Következtetés: a $+$, $-$, \times , \div , $\sqrt{\quad}$, műveleteket be kell építeni a CA-ba.

10.4. Milyen más műveleteket célszerű még a $+$, $-$, \times , \div , $\sqrt{\quad}$, műveleteken kívül beépíteni a CA-ba?

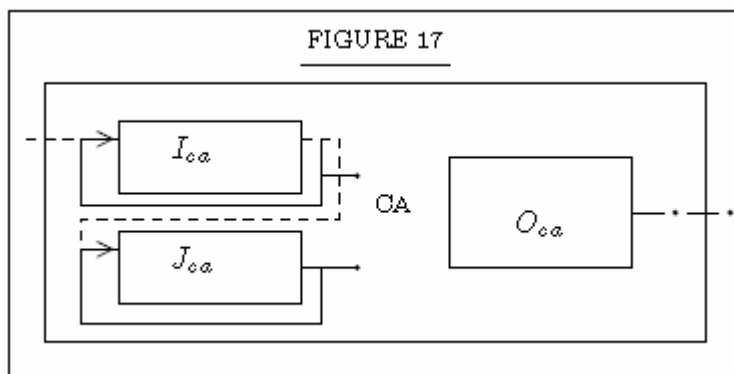
A köbgyököt nyilván nem érdemes. Szóba jöhetnek még a logaritmusfüggvény, a trigonometrikus függvény és inverzeik. Ezeket hatványsoraikkal lehetne kiszámítani, de ehhez a gépben meg kellene építeni a megfelelő logikai sémát. Ehelyett célszerűbb a függvénytáblázatok alkalmazása.

11. A CA felépítése

A műveletek teljes listája

11.1.–11.2. A CA általában két valós számmal végez műveletet. Az operandusokat az M memóriából kapja, ezek a CA két inputján I_{ca} -n és J_{ca} -n kerülnek be a CA-ba és az eredmény a CA outputján (O_{ca}) keresztül megy át az M memóriába. A memória különböző részei közötti kapcsolat megteremtése felesleges, ez a CA-n keresztül valósulhat meg.

A szerző részletesen leírja a memória és a CA közötti adatforgalmat.



20. ábra A CA inputjai és outputja

11.3. Ebben a pontban a szerző felveti, hogy szükség van a következő műveletekre is:

- egy szám előjelének kiértékelése,
- két szám közötti reláció megállapítása,
- két lehetséges akció közül az egyik kiválasztására (azaz a számítási folyamatban az elágaztatásra),
- a számoknak kettes számrendszerből 10-esbe és fordítva való konvertálására.

A fentiekre további 5 műveletet javasol. A Neumann-féle gép 10 műveletet tud elvégezni, „utasításrendszere” (Neumann nem így hívja) 10 utasításból áll: +, -, ×, ÷, $\sqrt{\quad}$, i, j, s, bd, db, ahol i a I_{ca} -ból az O_{ca} -ba, j a J_{ca} -ból az O_{ca} -ba való közvetlen átvitelt, s a szám

előjelének kiértékelését, bd a binárisból decimálisba, db a decimálisból binárisba való konvertálás műveletét jelenti.

12. A memória kapacitása. Általános elvek

Neumann – az előző fejezetekből is látszik (7.4.–7.7., 8.3., 10.2., valamint a CA leírásában) – a tanulmányban nagyon sokszor visszatért a memória működésére, ugyanis éppen az EDVAC volt az első amerikai számítógép, amelyik a tárolt programelvének megfelelően egy memóriában tárolta mind az utasításokat, mind pedig a programokat. Ezért nem volt mindegy, hogy Neumann milyen memóriát választ ki, és mekkorára tervezi meg a memória tárolási kapacitását. Az sem volt közömbös, hogy mennyi idő alatt lehet és kell – az adott memóriában – elérni a memóriában tárolt adatokat.

12.1. Ebben a fejezetben írja le Neumann, hogy az EDVAC memóriájának egy soros, vagy késleltető elvű, ciklikus típusú memóriát választott, miután – az ENIAC után ez a memória látszott az EDVAC céljára – soros gépről lévén szó – a legalkalmasabbnak.

12.2. Valószínűleg Neumann előtt még senki sem gondolta végig – rendkívül érdekes módon ezt a „spekulációt” először nem egy villamosmérnök, hanem egy matematikus tette meg –, hogy milyen körülményeknek kell egy számítóeszköz memóriájának megfelelni, valamint azt sem, hogy az akkor ismert memóriáknak milyen előnyei és hátrányai vannak.

A memória kapacitásának, az eszköznek azt a tulajdonságát nevezte, hogy hány bináris számot tud tárolni.

Ami az elemi kapacitás egységet illeti, Neumann már a 7.1.-es fejezetben meghatározta, hogy a gépnek előjeles, 30 bites (azaz 31 bites) bináris számokkal kell a műveleteket végeznie, tehát ilyen hosszúságú bináris számot (később az egységet szóznak nevezték, Neumann idejében még nem).

Ez a 30-as szinte „kultikus” szám, ami 9 decimális számnak felel meg. Más leírások szerint is, a 30 bites „számolási egység” Neumann-tól ered, ugyanis – már korábban is volt erről szó – Neumann úgy becsülte, hogy körülbelül ez a nagyságrend már alig kezelhető mechanikus számolóeszközökkel, az ilyen pontosságú számításokhoz érdemes elektronikus gépeket használni. Neumann „elegendőnek látta”, ha egy számítógép 27 bites számokkal végez műveleteket, ezt – valószínűleg az ugyancsak ilyen méretű utasítás mérete miatt, később kerekítette fel 30+1 bitre.

Neumann óriási tekintélyét mutatja, hogy egy néhány évvel későbbi számítógép-konstruktőr elmondta, a gépébe – szinte gondolkodás nélkül – ugyancsak 30 bináris

számjegyből való számokkal tervezte meg a műveleteket, még csak nem is gondolt arra, hogy – például 32 bites számokkal számoljon. Eszébe sem jutott, hogy 32 bites aritmetikai egységet építsen, pedig a 32 bites (2 hatványa) bináris szám később nagy könnyebbségeket jelentett volna, a gépnek a szövegfeldolgozásra való felhasználás esetén.

Neumann-nak, miután az EDVAC-ot tárolt programú gépnek tervezte, számolnia kellett a tárolandó utasítással is, ami nem lehetett hosszabb, mint amilyen hosszúak a tárolt adatok voltak. Ezért az EDVAC programozására háromcímű utasításokból álló utasításrendszert hozott létre, ami később zsákutcának bizonyult. Az EDVAC kísérletek alatt Neumann megvizsgálta a programozók szokásait és úgy találta, hogy a háromcímű utasítások bonyolultsága miatt a programozók az utasításban csak egy címet használtak, így a háromcímű utasításrendszerben rejlő lehetőségeket a programozók nem voltak képesek kihasználni.

Éppen ezért – az ENIAC és az EDVAC után – Neumann harmadik gépe, az IAS gép – noha ugyancsak 39+1 bites számokkal számolt – már egycímű utasításokkal épült, a 40 bitben azonban két egycímű utasítást tároltak. 10 bit a műveleti kód és 10 bit a cím. Ezzel az IAS gép vezette be először a későbbi modern számítógépekben – széles körben használt – egycímű utasításokat.

12.3. Ezek után Neumann részletesen megvizsgálta – a 2.4.-ben leírtaknak megfelelően – (a)-tól (h)-ig a különböző típusú műveletek memóriaigényét, a megoldás időszükségletét, ebből kívánt ugyanis következtetni az alkalmazott memória valóságos nagyságára és költségére.

Ebben a fejezetben is látható, hogy Neumann bizonyos részleteket csak jelzett {}, később vissza akart ezekre a témákra térni, az oda tartozó további fejtegetések részletesebb kidolgozására. A fejezetet olvasva az embernek a szerzővel kapcsolatban az jut az eszébe, hogy nem is egy matematikus, sokkal inkább egy mérnök „spekulál” így – egy-egy feladattal kapcsolatban – a memória időigényére. Ami egyébként igaz, a legenda szerint Neumann mint vegyészmérnök szokott rá az illetén való mérnöki spekulációra és számításokra. Persze – más fejezeteket (ahol például a formális logikával írja le a különféle műveletek végrehajtását – 7.0., 8.0., 9.0., 10.0.) olvasva, azonnal előbukkan Neumann matematikusi zsenialitása, szemben a kétségkívül erős mérnöki kvalitásaival.

12.4. A 12.3. fejezetben felsorolt memóriaigény-számításokat Neumann ebben a fejezetben összegezi, a különféle feladatok megvizsgálása után a memória kapacitását – némi

túlbecsléssel – 8000 és 2000 közötti minor ciklusban határozza meg. Miután 1 minor ciklus kettő az ötödiken egységnyi (unit), így a szükséges memóriakapacitás: 218, illetve 216 egységre jön ki. Neumann azt is megállapítja, hogy a számítógépekben az „üveg nyaka” (bottleneck) a memória. Ha a mai PC-re és az egyre bonyolultabb operációs rendszerekre, valamint alkalmazói programokra gondolunk, ez ma sincs másként.

Ebben az időben a problémát részben a memória ára okozta, ugyanis a kutatóintézetekben és a gyárakban szinte nem volt memóriaválaszték. Igaz, Atanasoff már évekkel korábban feltalálta a kapacitív dobot, de rajta kívül senki sem használta. A mágneses dob akkor még egyáltalán nem létezett, a Williams-csővet és a ferritmémóriát sem találták még fel. Egyedül a higanyos és a nikkellésleltető művonal jöhetett – memóriaelemként – számításba, talán az EDVAC-kal kapcsolatban ezért is gondolkodott Neumann soros számítógép tervezésében.

Neumann – a számítások után – kimondja, hogy a számítógépben legalább negyedmillió egységet tartalmazó memóriára volna szükség.

12.5. Ennek a pontnak a címe: „Hogyan lehet egy negyedmillió egység kapacitású memóriát építeni?”

Neumannból ismét előbukik a mérnök. Nem csak felméri az igényt, de elgondolkozik azon is, hogy egy ilyen memóriát meg is kell építeni.

Neumann elgondolkozik és számol. Egy késleltető művonalon 30 bites bináris számokat lehetett tárolni, ami annyit jelentett, hogy negyedmillió számhoz 8000 művonalra lett volna szükség, amit nem tartott megvalósíthatónak, ezért legfeljebb kb. 65 000 tárolt bináris számra gondolhatott, amit már „csak” 2000 művonalat jelentett volna, ugyanis ez is hatalmas mérnöki munkát jelentett, ami nagyon nehezen lett volna kivitelezhető.

Neumann nem adott megoldást, nem is adhatott, mert nem volt villamosmérnök. A fennmaradt nagyszámú levélből tudható, hogy számos – memória-áramkörökre vonatkozó – kérdést tárgyalt meg Mihály öccsével és még többet Bay Zoltánnal, az utóbbtól leginkább a legújabb elektronikus felfedezésekkel kapcsolatban kért tanácsot: hogyan lehet ezeket az újabb eszközöket memória céljára felhasználni.

Ebben a fejezetben végül is meghatározza annak a memóriának a paramétereit (kapacitás, ciklusidő stb.), amivel a legtöbb feladatot el lehetett látni, miközben azzal nem nagyon törődött, hogy a szükséges memóriát hogyan fogják előállítani. Ez végül is a villamosmérnökök gondja maradt.

12.6.–12.7. Neumann folytatja a spekulációt, sőt néha bemelegszik a villamosmérnök konstruktőrök területére is. Tanácsokat ad: hogyan lehet megfelelő mennyiségű elektroncsővel, csökkentett késleltetési idővel, rövidebb szinkronizáló impulzusokkal bizonyos vezérlési, valamint tárolási feladatokat ellátni, és így a kívánt kapacitású memóriát előállítani.

Ezt követően Neumann ismét tovább számol, szinte „hangosan” gondolkodik. Látható módon előtte alaposan tanulmányozta az áramkörök technikáját, az ember arra gondol, hogy Neumann mindezt elsősorban azért tette, mert meg akarta teremteni a számítógép-tervezés módszertanát és nem is azért, hogy egy új elvű, működő számítógépet hozzon létre.

Ismerve a később történeteket, az IAS gép tervezését és építését, Neumann valószínűleg itt gondolta végig, hogy a jövőben nem EDVAC-szerű, soros számítógépet kell tervezni és építeni, mert a soros gép és a szinkronizált soros memória zsákutca, ami sehová sem vezet. Valószínűleg ezért hagyta abba a „First Draft...” kidolgozása után azonnal, mindazoknak az elveknek – néhány kivétellel – az alkalmazását, amiket a „First Draft...” írása során kidolgozott és tért át az akkor még ismeretlen és sehol sem alkalmazott párhuzamos gépi architektúrára.

Az újabb neumann-i spekuláció azt eredményezte, hogy az IAS gép végül kevesebb elektroncsővel épült meg (így – elektroncsöves gép révén – az üzemeltetés során kevesebb alkatrész tudott elromlani), mint az EDVAC, és körülbelül 30–50-szer gyorsabban hajtotta végre a műveleteket. Ennek az eredménynek a nyomán a fejlesztők szinte azonnal leálltak a soros számítógépek tervezésével, és a kutatóintézetek, valamint a cégek áttértek a párhuzamos számítógépek építésére. Még Eckert és Mauchly is.

12.8. Neumann leírja, hogy a memóriaszámítások mind a késleltető művonalas memóriára vonatkoztak, nem zárja ki azonban, hogy később ne találjanak ki más, alkalmas memóriákat.

Neumann elsőként az ikonoszópra gondolt, aminek az ernyőjén 2003500, azaz 200 000 pontot lehetett tárolni. Mindehhez egy nagyon bonyolult, speciális elektroncsőre és abban egy elektronsugárra volt szükség, amivel a bináris információt az ernyőre világító pontok formájában fel lehetett írni, és onnan ki lehetett olvasni. Ez az „ötlet” azért is érdekes volt, mert addig az ikonoszópot képfelbontásra és képátvitelre használták, eredetileg nem számítógép-memóriának tervezték. Talán Neumann látta meg benne először, hogy a képpontok bináris adatok tárolására is alkalmasak.

A fejezeten belül, az (a)-tól (d)-ig pontokban, Neumann a memória számos problémájával foglalkozik, amikre megpróbál részben becsléseket, részben pedig megoldásokat adni. Ezek közül néhányat érdemes felsorolni.

Neumann kiszámolta, hogy például 200 000 pont tárolásához az elektronsugarat milyen pontossággal kell vezérelni, hogy a tárolást biztonságosan meg lehessen oldani. Foglalkozott az információ beírásával és kiolvasásával, a memória sebességéből adódó kérdésekkel, a tárolt információ megcímzésével, de még néhány – az ikonoszkópban megoldandó – technikai problémával is, mint például a memória tárolási biztonsága.

Az ikonoszkópot – szemben a késleltető művonalas memóriával – nem igen volt célszerű soros számítógép memóriájaként alkalmazni, ami például abból is látszik, ahogyan Neumann a kiolvasott információ késleltetésével foglalkozott. Erre azért volt szükség, hogy mind a műveletvégző (CA), mind pedig a vezérlő (CC) egység képes legyen a feladatát végrehajtani. Ezekbe az egységekbe ugyanis az információ sorosan, tehát a bitek egymás után léptek be.

Az ikonoszkóp technikailag tipikusan párhuzamos memória volt, amint később Neumann az IAS számítógépben párhuzamos memóriaként használt fel.

Ismét érdemes arra gondolni, nagyon valószínűsíthető, hogy Neumann az ikonoszkóp-memória tanulmányozása során már előre, egy párhuzamos számítógépen gondolkodott (az előregondolkodás egyébként is tulajdonsága volt), tehát az EDVAC-ot tervezte, miközben az IAS gépen is gondolkodott. Ez persze csak spekuláció.

Talán ezért írta Neumann a fejezet végére, hogy ezek után „ésszerűbbnek látszik a késleltető művonalas memória analízisének a folytatása”, de azért nem feledkezett meg az ikonoszkópról.

13. A memória (M) szervezése

13.1.–13.5. Ebben a fejezetben a 12.6. és a 12.7. fejezetekben leírtak alapján a memória belső szervezésével foglalkozik, meghatározza azokat a memória működéséhez szükséges logikai elemeket, amiket a rendszer kialakításához meg kell építeni. Műszaki részletekkel nem törődik, inkább az elemeknek, pontosabban a szükségesnek tartott részegységeknek a funkcióit írja le.

Ez a fejezet a következő 14. fejezet fordítottjának is felfogható, ugyanis a memória (M) oldaláról mutatja be, hogy a számítógép többi részével (pl. C vagy CC) az M hogyan fog kommunikálni, illetve hogyan kell az M – mai szóval architektúráját, akkor szervezést

mondtak – kialakítani, hogy a számítógép más részei által előírt logikai követelményeknek meg tudjon felelni.

A fejezet pontosan leírja nemcsak az egész memória, hanem a részegységek szervezését, valamint lehetséges kapcsolati rendszerét is, amibe – az eredeti leírásban – csak azoknak érdemes mélyen belemenni, akik az EDVAC memóriájának a működését részletesen és mélyen meg akarják ismerni.

A technikatörténettel foglalkozó kutatók a „First Draft...” tanulmányozása közben értik meg igazán, hogy az EDVAC terveit, amit Neumann szinte bit mélységig kidolgozott, miért lehetett a némileg korszerűsített, de az EDVAC szervezésével szinte teljesen azonos EDSAC és BINAC számítógépeknél felhasználni. Valószínű – a leírásban sűrűn előforduló, {} jellel kiemelt részek is ezt bizonyítják – Neumann az EDVAC leírásában csak a szerinte leglényegesebb kérdések megoldására koncentrált, így számos részprobléma, amire a fenti jel utal, megoldatlan marad.

Talán nem tiszteletlenség Neumann dolgozatáról feltételezni, hogy a „First Draft...”-ban hibák és ellentmondások is előfordulhattak, aminek a valószínűsége – ismerve Neumann precizitását – nagyon kicsi, de nem kizárható.

Ezeket a problémákat az EDSAC tervezésénél Wilkes, míg a BINAC tervezésekor Eckert és Mauchly is feltételezhetően felfedezték és kijavították, amire számos példa volt, például később, az IAS „klónok” tervezése során is.

Nagyon valószínű, amit nemcsak az EDSAC, hanem a BINAC példája is bizonyított, hogy a „First Draft...” nyomán minden számítógép-tervezőnek sokkal könnyebb volt a dolga, Neumann ugyanis elvégezte a munka nagyobbik – logikai – részét, mint azoknak, akik korábban – Neumann munkája előtt – igyekeztek számítógépeket alkotni.

14. A CC és az M

Ebben a fejezetben a Central Control (CC, központi vezérlőegység) és a memória (M) kapcsolatát elemzi Neumann János, pontosabban azt, hogy a memóriában lévő utasítások hogyan „vezérlik” a központi vezérlőegységet.

14.1. Ebben a pontban a CC elemzésében mélyedünk el. Ehhez az utasításrendszert kell áttekintenünk, mivel a CC feladata ezen utasítások fogadása, értelmezése és más egységekkel való végrehajtása.

Feladatunk tehát a CC-t vezérlő utasításlista létrehozása, azaz a berendezésben használt kód leírása, és ezek matematikai és logikai jelentésének definiálása.

Vizsgáljuk meg a CC-t és főleg kapcsolatát az M-mel.

Az utasítások az M-ből kerülnek a CC-be, ugyanonnan, ahol a numerikus adatokat is tároljuk. Az M tartalma ún. minor-ciklusokból áll, minden minor-ciklusnak egy olyan jelet is kell tartalmaznia, amely azt jelöli, hogy számról vagy utasításról van-e szó.

Az utasítások 4 csoportba oszthatók:

a csoport: 10 speciális műveletet hajtanak végre (+, −, ×, ÷, három átviteli művelet, két konverziós művelet (decimálisból binárisba, binárisból decimálisba).

b csoport: a számokat a memória egyik helyéből a másikba viszik át.

c csoport: ide tartoznak azok az utasítások, amelyek a CC-nek az M-mel való kapcsolatát változtatják meg: egyik memóriarekeszről egy másikra adják át a vezérlést, hogy onnan vegye a CC a következő végrehajtandó utasítást.

d csoport: az input és az output berendezések vezérlését végzik.

14.2.–14.5. Ezekben a pontokban pontosan megadja Neumann János, hogy az egyes utasítások hogyan kerüljenek át a memóriából a CC-be és hogyan végezzék a vezérlést. A következőket külön kiemeljük:

A memóriában egymás melletti rekeszekben található utasítások végrehajtását egyszerűen lehet vezérelni. Lenniük kell azonban olyan utasításoknak is, amelyek kivételes esetként arra utasítják a CC-t, hogy egy tetszőleges M-beli pontra (rekeszre) tegyék át a CC kapcsolatát.

Ezekben a pontokban azt írja le a szerző, hogy a minor-ciklusokkal hogyan valósulhat meg a vezérlésátadás.

15. A kód

15.1. A memóriának az előbbi fejezetben történő specifikációja lehetővé teszi, hogy definiáljuk a kódokat, amelyek a CC logikai vezérlését (és ezen keresztül az egész berendezését) valósítják meg.

Az M memóriaegységekből áll, amelyeknek mindegyike egy hatás jelenlétével vagy hiányával jellemezhető. Ezek az egységek az 1, illetve 0 bináris számjegyeket reprezentálják. Ezeket az egységeket 32 egységből álló minor-ciklusokba csoportosíthatjuk; ezek a csoportok szerepelnek majd az alábbi bevezetendő kódokban.

Az egy-egy csoportban szereplő bináris számjegyek, egy $i_0, i_1, i_2, \dots, i_{31}$ sorozatot alkotnak, amelyet $I = (i_0, i_1, i_2, \dots, i_{31}) = (i_v)$ alakban is írhatunk.

A minor-ciklusokat két osztályba sorolhatjuk: a számok, illetve utasítások osztályába. Ezt a két kategóriát az első bittel, tehát i_0 -val különböztetjük meg; jelölje $i_0 = 0$ azt, hogy számról, $i_0 = 1$ pedig azt, hogy utasításról van szó.

15.2. Számoknál a 31. egység a bináris számjegyeket, illetve az előjelet reprezentálja.

Az aritmetikai műveletek természetéből kifolyólag (tekintettel az átvitelre) a bináris számjegyeket jobbról balra töltjük fel, azaz $\xi = i_{31}, i_{30}, i_{29}, \dots, i_1$ alakban állnak elő a számok. Az utolsó betöltött jegy i_{31} az előjel, mégpedig $i_{31} = 0$ a +, $i_{31} = 1$ a – előjelet jelenti. A bináris pontot az előjel után helyezzük el, vagyis az ábrázolandó ξ számot mod(2)-vel a $(-1, 1)$ intervallumba transzformáljuk, azaz:

$$\xi = i_{31}, i_{30}, i_{29}, \dots, i_1 = \sum_{v=1}^{31} i_v 2^{v-31} \pmod{2}, \quad -1 \leq \xi < 1.$$

(I) Típus	(II) Jelentés	(III) Rövid jel	(IV) Kód- szimbólum
			Minor-ciklus $I = (i_v) =$ $= (i_0 i_1 i_2 \dots i_{31})$
Szám vagy utasítás (γ)	A $\bar{\xi} = i_{31} i_{30} \dots i_1 = \sum_{v=1}^{31} i_v 2^{v-31} \pmod{2}$; $-1 \leq \xi < 1$ számot tárolja. Az i_{31} bit az előjel, 0 a + jelet, 1 a – mínuszjelet jelöli. Ha a CC ehhez a minor-ciklushoz fordul, akkor az utasításként működik, amely ξ -t I_{ca} -ba viszi át. Nem ez történik azonban, ha ez a minor-ciklus közvetlenül egy $w \rightarrow A$, vagy $wh \rightarrow A$ után következik.	$N\xi$	$I_0 = 0$

(I) Típus	(II) Jelentés						(III) Rövid jel	(IV) Kód- szimbólum
Utasi- tás (α)+(δ)	Ezek olyan utasítások, amelyek CA-ban hajtódnak végre. w a 11.4.-ben szereplő művelet valamelyike. Az alábbi táblában a w decimális oszlopban a műveletek decimális, a w.bináris oszlopban bináris alakban, a w oszlopban szimbólumukkal szerepelnek						$w \rightarrow \mu\rho$ vagy $wh \rightarrow \mu\rho$	$I_0 = 1$
Utasi- tás	w. decimális	w. bináris	w w	w. decimális	w. bináris	w	$w \rightarrow f$ vagy $wh \rightarrow f$	
Utasi- tás (α)+(θ)	0	0000	+					
	1	0001	-	5	0101	i		
	2	0010	\times	6	0110	j		
	3	0011	\div	7	0111	s		
	4	0100	$\sqrt{\quad}$					
				8	1000	db	$w \rightarrow A$ vagy $wh \rightarrow A$	
				9	1001	bd		
Utasi- tás (α)	A III. oszlopban szereplő jelek jelentései: – h azt jelenti, hogy az eredmény megőrződik az O_{ca} -ban – $\rightarrow \mu\rho$: az eredmény a μ major-ciklus ρ minor-ciklusába kerül átvitelre – $\rightarrow f$: közvetlenül az ε utasítás végrehajtása után az eredmény a végrehajtás alatt álló utasítást követő minor-ciklusba kerül – $\rightarrow A$: az eredmény I_{ca} -ba kerül.						wh	
Utasi- tás (β)	A μ major-ciklus ρ minor-ciklusában lévő szám I_{ca} -ba kerül.						$A \leftarrow \mu\rho$	
Utasi- tás (ζ)	Az utasítás CC-t μ major-ciklus ρ minor-ciklusával köti össze.						$C \leftarrow \mu\rho$	

1. táblázat

15.3. Az utasítások 31 bitje, az utasítás hatását adja meg.

Az alábbi utasításcsoportokat definiáljuk.

α) Ide tartoznak a CC azon utasításai, amelyek hatására a CA elvégzi a 14.1. csoportban szereplő 10 utasítást. Jelöljük ezeket sorban a 0,1, 2, ..., 9 számokkal, illetve az ezeknek megfelelő 4 jegyű bináris számokkal.

Ebben a pontban Neumann János részletesen elemzi, hogy a CA különböző egységeiben hogyan kell kezelni az operandusokat a műveletek elvégzése után, mikor kell törölni az adott egységet, mikor nem, illetve hogyan lehet megoldani, hogy az előző művelet eredményét a következő műveletben fel lehessen használni (például az xy szorzat eredményét hogyan lehet hozzáadni az előtte elvégzett művelet z eredményéhez, azaz képezni a $z + xy$ összeget).

Annak jelölésére, hogy egy művelet után az O_{ca} -t (az aritmetikai egység eredményregisztere) törölni kell-e vagy nem, a c -vel jelölt bitet kell használni ($c = 0$ törlést, $c = 1$ a törlés elmaradását jelenti).

β) Ebbe a csoportba azok az utasítások tartoznak, amelyek hatásaként a számok M-ből CA-ba mennek át.

γ) Olyan utasításokra is szükség van, amelyek ún. direkt betöltést végeznek, vagyis az utasításszámláló által megcímezett rekeszt követő rekesz tartalmát töltik az I_{ca} -ba.

δ) Szükségesek olyan vezérlőutasítások is, amelyek hatására a számok CA-ból M-be kerülnek.

ϵ) Az ebbe a csoportba tartozó vezérlőutasítások az utasításszámláló által megcímezett rekeszt követő címre adják át a vezérlést.

θ) Az utasítás hatására a számok CC-ből CA-ba kerülnek át (pontosabban, az O_{ca} -ból az I_{ca} -ba).

ζ) Ezek az utasítások a CC és az M kapcsolatát az M egy másik helyén található minor-ciklusára (rekeszre) irányítják át (vezérlésátadás).

η) Ebbe a csoportba az input-output utasítások tartoznak.

15.4. Ebben a pontban a szerző megvizsgálja, hogy a 31 bitből álló utasításoknak milyen legyen a szerkezete.

Megállapítja, hogy kerülni kell több funkció beépítését az utasításba.

15.5. Vannak azonban olyan teendők, amelyeket célszerű összevonni egy utasításba; pl. az (α) típusú utasításoknál a művelettel együtt meghatározható, hogy a művelet eredménye

hova kerüljön. Neumann pontos elemzést végez arra nézve, hogy az egyes utasítások által végzendő teendőket hány számjeggyel (bittel) lehet elérni. Azt hozza ki, hogy 32 bináris jeggyel mintegy 50%-os átlagos „hatékonyság” érhető el.

Az előbbi pontokban végzett elemzések alapján Neumann az 1. táblázatot állítja elő.

A „First Draft...” – Neumann János számítástechnikai alkotásai közül az első – amivel nem csak Amerikában, de mindenütt a világon elismerést szerzett mind a Pennsylvania Egyetemnek, mind az ott dolgozó kutatóknak és természetesen saját magának is. Feltételezhető, hogy ennek a tanulmánynak és persze későbbi számítástechnikai alkotásainak köszönhetően lett Neumann János világhírű matematikusból a „számítógépek atyja”.

Neumann János alapvető munkája, akaratának megfelelően, elterjedt az egész világon.

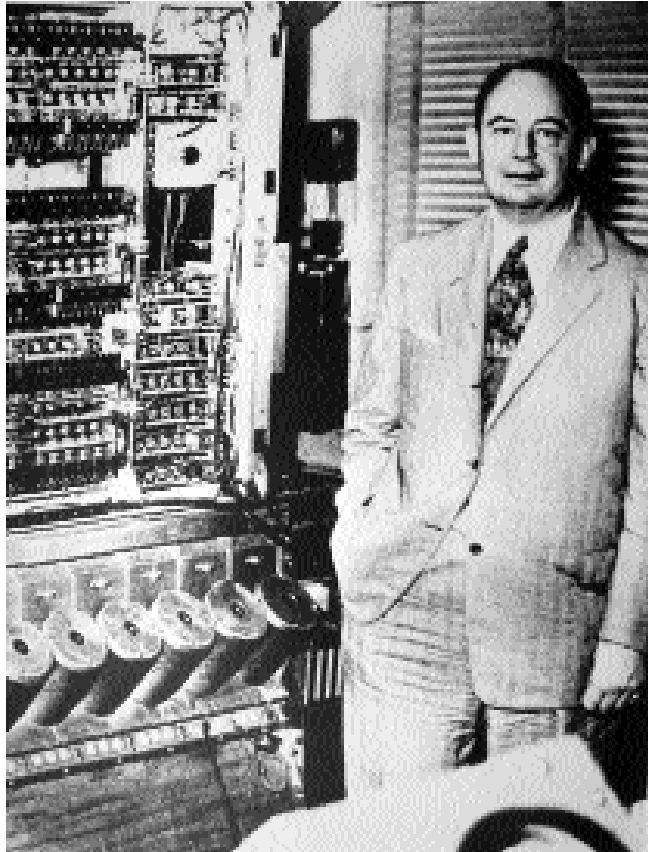
„A tudomány nem próbál végső magyarázatot adni, fogalmakat értelmezni is alig. A természettudomány modelleket alkot. Modell alatt egy olyan matematikai struktúra értendő, amelyik – bizonyos szóbeli interpretáció hozzáfűzésével – leírja a jelenséget. Egy ilyen matematikai struktúra létjogosultságát egyedül az adja, hogy sikeresen előrelátja a jelenségeket, tehát működik.”

(Neumann János)

6. Befejezés

Neumann János élete és munkássága a „Fist Draft...” kiadása után

Neumann sem akarta a számítógépek fejlesztését befejezni, mert már akkor ott motoszkálhatott benne az IAS gép terve.



21. ábra. Az elkészült IAS gép. Előtte az alkotó, Neumann János. (1952)

Az IAS gépben Neumann és Goldstine – minden korábbi géphez képest – forradalmi változásokat vezettek be. Miután a „Vázlat” EDVAC-ról és nem az IAS gépről szól, ezeket a változásokat – Goldstine könyvéből vett idézetekkel – csak nagyon röviden foglaljuk össze:

– Az IAS gépet Burks–Goldstine–von Neumann: „Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument” című alapvető munkája írta le.

– A tanulmányban a szerzők, a számítástechnika tudományának az egyik legfontosabb döntését hozták meg, az IAS-ben nem az EDVAC-nál alkalmazott soros tárolási módot alkalmazzák, hanem a párhuzamos szervezési módot, „aminek az eredménye egy ún. párhuzamos működésű gép (parallel machine) lett, szemben az EDVAC-kal, amelynek a szervezése soros volt. E két rendszer közötti fő különbség az összeadás elvégzésének a

módjában rejlik, a párhuzamos működésű gépben a megfelelő számjegyek párjait egyidejűleg adjuk össze, míg egy soros szervezésű gépben e számpárok összeadása egymás után történik.”

– Eleinte az IAS gép tervezőiben még élt az alkatrészeket „feleslegesen pazarló” műszaki megoldástól való félelem, amit Neumann oszlatott el, aki kiszámolta, hogy a párhuzamos működésű gép – a látszat ellenére, miután a vezérlőegysége egyszerűbb, mint a soros gépeké – kevesebb alkatrészből felépíthető, mint a soros számítógépek. A körülbelül egyforma kapacitású párhuzamos IAS gép összesen 2000, míg a soros EDVAC 3000 csövet tartalmazott. A Neumann-gép – a párhuzamos működés miatt – 600 mikroszekundum alatt végzett el egy szorzást, míg az EDVAC 3,0 milliszekundum alatt. Az IAS gép az ikonoszkóp memóriájába 25 mikroszekundum alatt helyezett el egy szót, az EDVAC pedig – a soros memóriába – 200 mikroszekundum alatt.

– A két gép között teljesítménykülönbség volt, ezért – az IAS megszületése után – soros számítógépeket gyakorlatilag alig építettek. Ettől kezdve az IAS gép volt az etalon, világszerte és főleg Amerika-szerte ezt a gépet másolták. Az IAS gép közeli rokonai (mai kifejezéssel klónjai): a JOHNNIAC, az ORDVAC, az ILLIAC, de még az UNIVAC 1100-as és az IBM 700-as és 7000-es szériái, ezenkívül még más – párhuzamos, külföldi – gépek is voltak, például a már említett első hazai elektronikus számítógép az M-3-as is.

– A gép struktúráját illetően úgy határoztak, hogy a gépben ábrázolt szám 39 bitből és egy előjelbitből fog állni.

Az IAS gép az utasításrendszerekben is forradalmi változást hozott, ez a „forradalom” még ma is tart. Az EDVAC háromcímű gép volt, az oka egy korábban elterjedt hiedelem volt, a tervezők azt mondták, minél több című egy gép, annál gyorsabban számol. Azután – amint ezt a tanulmány magyarázatában már említettük – Neumann rájött arra, hogy egy programban a két- vagy háromcímű utasítások második vagy harmadik címét nem használják, egy utasításba legtöbbször csak egy címet írnak, így az utasítások címeinek egy része az esetek többségében kihasználatlan marad. Ezért az IAS gépet eleve – először a számítástechnika történetében – egycíműre tervezték, egy 40 bites szóban így két utasítást (10 bit a művelet, 10 bit pedig a cím kódolására – lásd: H. Goldstine: A számítógép Pascaltól Neumannig) tudtak elhelyezni.

Azóta is csak egycímű gépeket építenek

Betegen is dolgozott

Neumann – amikor számítógépe elkészült – jó néhány állami megbízást elvállalt. Például a hadsereg minden fegyvernemének ő lett a tanácsadója, számtalan előadást tartott, s a korabeli számítástechnikai konferenciáknak az egész világon Neumann János volt az első számú meghívott sztárja.

1955 elején Neumannt a Yale Egyetem felkérte, hogy 1956 tavaszán tartsa meg a Siliman-előadás sorozatot, amit Neumann elvállalt, bár hivatalos teendői egyre sokasodtak. Az előadás-sorozat „A számítógép és az agy” címet kapta, ezt azonban a tudós - sajnos - már soha nem tudta megtartani... (A kéziratot Neumann halála után a Yale Egyetem adta ki.)

1955. augusztus 15-én csonttrákot diagnosztizáltak nyakában, ami már prosztata rák áttétele volt. Néhány hónappal később vette át Eisenhower elnöktől a Szabadság Érmét. Az elnök állt, Neumann toloszékében ült.



22. ábra Neumann János – már a kórházban, súlyos betegen –átveszi Eisenhower elnöktől az egyik legnagyobb amerikai kitüntetést, a Medal of Freedomot

1956 elején került a Walter Reed Kórházba, amelyet azután már soha nem hagyhatott el. Betegágyánál politikusok és generálisok kérték a stratégiai tanácsait: Neumann még mindig tudott közgazdasági, politikai és katonai szimulációs programokat írni és lefuttatni, amelyeket mindenki elfogadott, mert a szimuláció előrelátásai beváltak. A Koreai Háború alatt Douglas MacArthur tábornok azt tervezte, hogy Kínát kínai területen támadja meg és győzi le. Neumann szimulációja azonban azt mutatta, hogy a nyereségek nem állnak arányban a veszteségekkel, így ő akadályozta meg a 3. világháború kitörését.

Barátja, Wigner Jenő ezt írta utolsó napjairól: "Mikor Neumann tudatára ébredt, hogy gyógyíthatatlan beteg, ráébredt arra is, hogy majd megszűnik létezni, így megszűnik gondolkodni is... Szomorú volt látni reményét vesztvé, szellemének összeomlását a sorssal való harcában, amely elkerülhetetlennek, de ugyanakkor elfogadhatatlannak tűnt számára."

Neumann János fizikailag 1957. február 8-án halt meg. Szellemileg már néhány nappal előbb, amikor ez a csodálatos elme megszűnt gondolkodni.

Megindultak a találgatások. Ezekből az a hiedelem látszik a legmaradandóbbnak, hogy az első atombomba felrobbantásakor – a hiányos óvintézkedések miatt – radioaktív por jutott a tüdejébe, s ez okozta betegségét, majd halálát. Neumann egyik volt munkatársa mondta: az atombomba felrobbantása után a helyszínen levő kutatók nem várták meg, amíg a por elült, hanem kirohantak, és a robbanás helyszínén egymást meg a bomba hatását fényképezték. Ma már aligha deríthető ki az igazság.



23. ábra Neumann János és édesanyja sírja, Princetonban

Zárszó

Az emberiség nagyjai kétfélék: egy részük olyan, mint mi mindnyájan, csak sokkal inkább olyan; más részüknek kétségtelenül valamilyen különleges adottságuk van. Neumann nagysága emberi volt. Mindnyájan tudunk többé-kevésbé világosan gondolkodni, de Neumann gondolatainak tisztasága mindig nagyságrendekkel felülmúlta legtöbbünkét. Neumann számára lehetetlennek tűnt, hogy gondolatai vagy kifejezései ne legyenek világosak. Gondolatai világosak, állításai precízek voltak.

Bizonyosan ő volt a XX. század leggyorsabban és legvilágosabban gondolkozó, s a világ jövőjét leginkább befolyásolni képes tudósainak egyike.

S talán ő volt a világ egyre szakosodó természettudományának utolsó olyan óriása, aki több, teljesen különböző tudományterületen is maradandót alkotott.

7. Összegzés:

A szakdolgozatom megírásakor a számítástechnika, informatika fejlődésének áttekintése volt a célom. Nagyon fontosnak találtan tájékozódni a szakirodalmakban. Így lehetőségem nyílt arra, hogy összehasonlításokat végezhessenek a különböző szakirányú munkák, leírások között.

Azt gondolom sikerült a legfontosabb állomásokot kiemelni a régmúlt számításokat segítő eszközök fejlődése terén is. Számtalan nagy tudású, kiemelkedő képességű, zseniális elme közül, nagyon nehezen választottam ki, azokat a személyeket, akiket szakdolgozatomban megemlítek. Sajnos a dolgozat terjedelme nem tette lehetővé, hogy mindazokat az ismereteket, amelyeket fontosnak tartottam beleírhasam.

Sikerült elmélyülni Neumann János munkásságában. Megismerkedtem emberi tulajdonságaival, családi életével. Ezeket az ismereteket eddigi tanulmányaim során nem emelték ki tankönyveim.

First Draft of a Report on the EDVAC olvasásával és elemzésével sok olyan részletre derült fény a Neumann János gondolkodás módjából, amelyeket bizonyítják „ember feletti” képességeit. Nem volt célom minden egyes fejezetet szó szerint lefordítani, hanem azok lényegét meglátni.

Mindent egybevetve – mivel kis gyermekkorom óta érdeklődöm a számítógépek iránt – nagyon örülök, hogy ilyen címet találtam a szakdolgozati témák között és beleáshattam magam a szakirodalmakba.

8. Irodalomjegyzék:

Nógrádi László: PC suli XP alapokon

Kasza János, Simon Gyula: Informatika

Marx György: A marslakók érkezése

<http://www.google.hu/>

<http://hu.wikipedia.org/wiki/>

<http://en.wikipedia.org/wiki/>

<http://compalg.inf.elte.hu/~tony/Informatikai-Konyvtar/>

<http://www.virtualtravelog.net/entries/2003-08-TheFirstDraft.pdf>

http://www.lovassy.hu/online/hirek/neumann_elete.php