NAGY-KÉPES
INFORMATIKATÖRTÉNET

I. kötet
A számolókövektől
a kvantumszámítógépig



NAGY KÁROLY – ChatGPT

NAGY–KÉPES INFORMATIKATÖRTÉNET

I. kötet

A számolókövektől a kvantumszámítógépig

Mottó: „A matematika talán akkor kezdődött, amikor elfogytak az ujjaink.”

2026

Tartalomjegyzék

I. KÖTET

A számolás és a számítógép története

Előszó

Bevezető

I. rész – Amikor még az ember számolt

1. A számolás születése

1.1. Több, kevesebb, ugyanannyi
1.2. Az ujjak mint első számológép
1.3. Kavicsok és számolókövek
1.4. Rovások, rovásbotok, csontok
1.5. Az Ishango-csont
1.6. Számolótáblák
1.7. Az abakusz
1.8. Kínai és japán számolóeszközök

2. A számírás és a számrendszerek

2.1. Egyiptomi számírás
2.2. Mezopotámia és a hatvanas számrendszer
2.3. Görög számok
2.4. Római számok
2.5. Kínai számolópálcák
2.6. A maja számrendszer
2.7. Indiai számjegyek
2.8. A nulla forradalma
2.9. Az arab közvetítés
2.10. Fibonacci és az arab számjegyek európai elterjedése
2.11. Kettes és más számrendszerek

II. rész – A számolásból algoritmus lesz

3. Hogyan számolunk?

3.1. Az algoritmus fogalma
3.2. al-Hvárizmi
3.3. Írásbeli alapműveletek
3.4. John Napier és a logaritmus
3.5. Napier-csontok
3.6. A logarléc
3.7. Matematikai táblázatok
3.8. Az ember mint „computer”

III. rész – A gép megtanul számolni

4. Fogaskerekek számolnak

4.1. Az órásmesterség öröksége
4.2. Wilhelm Schickard
4.3. Blaise Pascal és a Pascaline
4.4. Leibniz számológépe
4.5. A lépcsős henger
4.6. Thomas de Colmar arithmométere
4.7. Odhner
4.8. Comptometer
4.9. Pénztárgépek
4.10. Mechanikus asztali számológépek
4.11. Curt Herzstark és a Curta

5. Automaták és programok

5.1. Az automaták ősei
5.2. Jacques de Vaucanson
5.3. Kempelen Farkas
5.4. Jacquard és a lyukkártyás szövőszék
5.5. Charles Babbage
5.6. Difference Engine
5.7. Analytical Engine
5.8. Ada Lovelace
5.9. A program fogalmának megszületése

6. A lyukkártya meghódítja az adatfeldolgozást

6.1. Herman Hollerith
6.2. Az 1890-es amerikai népszámlálás
6.3. Lyukkártyás tabulátorok
6.4. CTR-ből IBM
6.5. Lyukkártya és lyukszalag
6.6. A lyukkártya hosszú uralma

IV. rész – Más úton is lehet számolni

7. Analóg számítógépek

7.1. Mi az analóg számítás?
7.2. Planiméterek és integrátorok
7.3. Lord Kelvin gépei
7.4. Vannevar Bush Differential Analyzer gépe
7.5. Katonai és tüzérségi számítógépek (Gamma-Juhász légvédelmi lőelemképző)
7.6. Elektronikus analóg számítógépek
7.7. Analóg kontra digitális

V. rész – Elektromosság és logika

8. A kapcsoló megtanul gondolkodni

8.1. Elektromágnes és relé
8.2. Távírótechnika
8.3. George Boole és a matematikai logika
8.4. Logikai műveletek
8.5. Claude Shannon felismerése
8.6. Relékből logikai áramkör

9. Elektromechanikus számítógépek

9.1. George Stibitz
9.2. Konrad Zuse – Z1, Z2, Z3, Z4
9.3. Harvard Mark I
9.4. Relés számítógépek
9.5. Kozma László és a magyar relés számítástechnika

VI. rész – Az elektronikus számítógép megszületése

10. Elektronok a fogaskerekek helyett

10.1. Az elektron felfedezése
10.2. Fleming és az elektroncső
10.3. Dióda és trióda
10.4. Elektronikus kapcsolás
10.5. Miért volt gyorsabb az elektroncső a relénél?

11. A háború számítógépei

11.1. Atanasoff és Berry – ABC
11.2. Enigma
11.3. Marian Rejewski és a lengyel bomba
11.4. Alan Turing és a Bombe
11.5. Colossus
11.6. ENIAC

12. Megszületik a modern számítógép

12.1. Alan Turing univerzális gépe
12.2. A tárolt program gondolata
12.3. Neumann János
12.4. EDVAC
12.5. Manchester Baby
12.6. EDSAC
12.7. IAS
12.8. MANIAC
12.9. UNIVAC
12.10. Az első kereskedelmi számítógépek

VII. rész – Kisebb, gyorsabb, olcsóbb

13. Az elektroncsőtől a tranzisztorig

13.1. Az elektroncsöves korszak
13.2. A tranzisztor megszületése
13.3. Bardeen, Brattain és Shockley
13.4. A tranzisztoros számítógép
13.5. Ferritgyűrűs memória
13.6. IBM, CDC, PDP és társaik
13.7. MINSZK, RAZDAN, ODRA és a keleti blokk gépei
13.8. Az első magyar elektronikus számítógépek M3

14. Az integrált áramkör

14.1. Jack Kilby és Robert Noyce
14.2. Mi az integrált áramkör?
14.3. SSI, MSI, LSI, VLSI
14.4. A chipgyártás alapjai
14.5. Moore törvénye
14.6. Integrált áramkörös számítógépek

VIII. rész – A számológép, amelyből számítógép lett

15. Az elektronikus számológép

15.1. Elektromechanikus asztali számológépek
15.2. Elektroncsöves számológépek
15.3. ANITA
15.4. Tranzisztoros számológépek
15.5. IC-s számológépek
15.6. Wang, Sharp, Casio, HP, Texas Instruments
15.7. A zsebszámológép
15.8. Tudományos számológépek
15.9. Magyar számológépgyártás – EMG, Híradástechnika

16. Egy számológép, amely megváltoztatta a világot

16.1. A Busicom megrendelése
16.2. Ted Hoff elképzelése
16.3. Federico Faggin
16.4. Intel 4004 – a mikroprocesszor megszületése (Texas)
16.5. Miért volt forradalmi az általános célú processzor?
16.6. Intel 8008
16.7. Intel 8080

IX. rész – A számítógép személyessé válik

17. A mikroszámítógép megszületése

17.1. Mit nevezünk mikroszámítógépnek?
17.2. Kenbak-1 – számítógép mikroprocesszor nélkül
17.3. Sac State 8008
17.4. Micral N
17.5. Altair 8800
17.6. IMSAI
17.7. Homebrew Computer Club

18. A 8 bites forradalom

18.1. MOS 6502
18.2. Zilog Z80
18.3. Apple I és Apple II
18.4. Commodore PET
18.5. TRS-80
18.6. Atari

18.7. Sinclair
18.8. Commodore 64
18.9. Amstrad
18.10. Enterprise

19. Magyar számítógépek

19.1. Iskolaszámítógép-program
19.2. HT-1080Z
19.3. Primo
19.4. TVC
19.5. Homelab
19.6. Brailab
19.7. Aircomp
19.8. Mickey'80
19.9. Proper és más hazai gépek
19.10. Magyar fejlesztők és gyártók (EMG, HT, …)

20. Az IBM PC és a kompatibilis világ

20.1. IBM PC 5150
20.2. Intel 8088
20.3. IBM–Intel–Microsoft
20.4. PC XT és AT
20.5. PC-klónok
20.6. 286, 386, 486
20.7. Pentium
20.8. AMD és a versenytársak
20.9. A PC szabvánnyá válik

21. Apple – egy másik út

21.1. Apple II
21.2. Lisa
21.3. Macintosh
21.4. Grafikus felület
21.5. Apple és Microsoft
21.6. Az Apple visszatérése

X. rész – A számítógép kiszabadul az asztalról

22. Hordozható számítógépek

22.1. Osborne
22.2. Compaq

22.3. Laptop
22.4. Notebook
22.5. Palmtop
22.6. PDA
22.7. Tablet

23. A számítógép beköltözik a telefonba

23.1. Mobiltelefon
23.2. PDA és telefon találkozása
23.3. Smartphone
23.4. iPhone és Android
23.5. System on a Chip
23.6. A zsebünkben hordott szuperszámítógép

Előszó

Ez a könyv a régi gépek szeretetéből született.

Sok évvel ezelőtt kezdtem gyűjteni azokat a számológépeket, számítógépeket és más technikai eszközöket, amelyek egy-egy darabját őrzik az informatika történetének. Eleinte maga a tárgy érdekelt: hogyan működött, mikor készült, mire használták. Ahogy azonban gyarapodott a gyűjtemény, egyre inkább az kezdett foglalkoztatni, hogy **miért éppen ilyen gépek születtek, és milyen gondolat vezetett el egyiküktől a másikig.**

Egy régi számológép ugyanis több egyszerű műszaki emléknél. Benne van egy probléma, amelyet valaki meg akart oldani, egy ötlet, amely valakinek eszébe jutott, és sok ember munkája, amely végül tárggyá formálta ezt az ötletet.

Lassan világossá vált előttem, hogy ezeket a történeteket érdemes lenne egyetlen hosszú történetté összekapcsolni.

Nem akartam minden gépet felsorolni, és nem akartam az informatika történetéből évszámokkal és típusjelzésekkel teli lexikont sem készíteni. Inkább azt szeretném megmutatni, hogyan vezetett az emberi kíváncsiság és találékonyság az első számolást segítő eszközöktől a mechanikus számológépeken és az első számítógépeken keresztül egészen napjaink digitális világáig.

Közben természetesen előkerülnek azok a gépek is, amelyeket ma már csak múzeumokban vagy gyűjtőknél láthatunk. Némelyikük egykor technikai csoda volt, ma pedig talán mosolyt csal az arcunkra. Könnyű elfelejteni, hogy a ma természetesnek tekintett eszközeink is ugyanilyen sorsra jutnak majd.

Ezért fontos megőrizni őket – és nemcsak a gépeket, hanem a hozzájuk tartozó történeteket is.

Ebben szeretne segíteni ez a könyv.

Ha pedig az olvasó egy-egy régi számológépre vagy számítógépre ezután nem csupán elavult technikai eszközként, hanem **egy hosszú emberi történet egyik állomásaként** tekint, akkor már érdemes volt megírni.

A könyv mesterséges intelligencia közreműködésével készült, kísérleti, közös munka. Bizonyára sok hibát és pontatlanságot is tartalmaz. Ha ilyet észlel, kérjük, jelezze a szerző felé.

Nagy Károly,

Bevezető

Miért kezdett el az ember számolni?

Talán azért, mert tudni akarta, hány állata van. Mennyi gabonát gyűjtött össze. Hány nap telt el két holdtölte között. Mekkora földterületet művel. Mennyi adót kell beszednie – vagy éppen megfizetnie.

A számolás története ezért jóval régebben kezdődött, mint a számítógép története. Sőt, régebben, mint maga az írás.

Az ember először az ujjait használta. Aztán kavicsokat, rovásokat, csomókat és számolóköveket. Később megszülettek a számrendszerek, az abakusz, majd azok a mechanikus szerkezetek, amelyek már nemcsak segítették a számolást, hanem bizonyos műveleteket el is végeztek helyettünk.

Ezzel valami alapvetően új kezdődött.

Az ember lassan rájött, hogy gondolkodásának egyes lépései szabályokká alakíthatók. Ha pedig a szabályokat pontosan meg lehet fogalmazni, akkor végrehajtásukat akár egy gépre is rá lehet bízni.

Pascal és Leibniz fogaskerekei, Jacquard lyukkártyái, Babbage soha teljesen el nem készült gépei, Hollerith adatfeldolgozó rendszere, a relék, elektroncsövek, tranzisztorok és integrált áramkörök ugyanannak a hosszú történetnek az állomásai.

A történet egyik különös fordulata, hogy amikor az 1970-es évek elején megszületett az első mikroprocesszor, az Intel 4004, az nem egy személyi számítógép számára készült, hanem egy számológép vezérlésére. A számolás évezredes története ezen a ponton szinte észrevétlenül átfordult a modern számítástechnika történetébe.

Néhány évtizeddel később pedig már olyan gépekkel beszélgetünk, amelyek nemcsak számolnak. Szöveget írnak, képet készítenek, zenét elemeznek, programoznak, összefüggéseket keresnek, és bizonyos feladatokban olyan teljesítményre képesek, amelyet nemrég még kizárólag az emberi értelem sajátjának gondoltunk.

Hosszú út vezetett a tíz ujjunktól a mesterséges intelligenciáig.

Ez a könyv ezt az utat szeretné végigjárni.

Nem elsősorban évszámokat, típusjelzéseket és műszaki adatokat szeretnénk felsorolni, de természetesen ez sem kerülhető meg. Legalább ilyen érdekesek azok a gondolatok, amelyek az egyes szerkezetek mögött meghúzódnak.

Milyen emberi problémát próbáltak megoldani?

Miért volt szükség számológépre? Miért akarták automatizálni a számítást?

Hogyan lett a számológépből programozható gép?

Hogyan lett a hatalmas, teremnyi számítógépből személyi számítógép, majd zsebben hordható eszköz?

Hogyan jutottunk el oda, hogy a gépnek már nem mi mondjunk meg minden egyes lépését, hanem példákból maga is képes megtanulni bizonyos feladatokat?

A fejlődés ráadásul korántsem volt olyan egyenes vonalú, mint amilyennek utólag látszik.

Voltak zsákutcák, elfelejtett találmányok és túl korán megszületett ötletek. Voltak gépek, amelyek technikailag kiválóak voltak, mégis eltűntek és voltak egyszerűbb megoldások, amelyek megváltoztatták a világot. Ugyanazt az ötletet sokszor egymástól függetlenül többen is felfedezték. Ezért az informatika történetében az „első" szóval különösen óvatosan kell bánni.

Természetesen ebben a történetben is találkozunk magyarokkal.

Olyan tudósokkal és mérnökökkel, akiknek munkája nélkül a modern számítástechnika története másként alakult volna, és olyan magyar számítógépekkel is, amelyek ma már egy letűnt korszak tárgyi emlékei.

Ez a könyv egy képes történet.

A régi gépeket ugyanis nem elég leírni. **Látni kell őket.** Egy mechanikus számológép fogaskerekei, egy elektroncsöves számítógép belseje, egy lyukkártya, egy ferritgyűrűs memória vagy egy korai mikroprocesszor látványa sokszor többet mond el egy korszak technikájáról, mint egy oldalnyi magyarázat.

Nem azért, mert sok gép és sok évszám szerepel benne, hanem mert az emberiség egyik legkülönösebb vállalkozásáról szól: arról, hogyan próbáltuk saját szellemi képességeink egy részét tárgyakba, szerkezetekbe, majd programokba átültetni.

Először olyan gépet készítettünk, amely segített számolni.

Aztán olyat, amely számolt helyettünk.

Később olyat, amely végrehajtotta az utasításainkat.

Most pedig olyan gépeket építünk, amelyek bizonyos dolgokat már tanulni is képesek.

Hogy innen merre vezet tovább az út, azt még nem tudjuk.

De ahhoz, hogy megértsük, hová tartunk, érdemes megnézni, honnan indultunk.

Induljunk hát el a tíz ujjunktól.

1. A számolás születése

Nem tudjuk, mikor számolt először az ember.

Valószínűleg azért nem, mert a számolás régebbi, mint az írás, és talán még annál is régebbi, mint amit mai értelemben számolásnak nevezünk.

Ahhoz ugyanis, hogy észrevegyük: az egyik csoportban több tárgy van, mint a másikban, még nincs szükség számokra. Ahhoz sem kell ismernünk a „három” szót vagy a 3-as számjegyet, hogy észrevegyük: három gyermek közül az egyik hiányzik.

A számolás története ezért nem a számjegyekkel kezdődött.

Hanem a **mennyiséggel**.

1.1. Több, kevesebb, ugyanannyi

Képzeljünk el egy őskori vadászt, aki este visszatér a táborhelyére. Reggel öt társa indult el vele, de csak négyen érkeznek vissza.

Vajon tudnia kell-e ötig számolni ahhoz, hogy észrevegye: valaki hiányzik?

Nem feltétlenül.

Az emberi agy – és mint később látni fogjuk, bizonyos mértékig számos állat idegrendszere is – képes kis mennyiségeket szinte azonnal megkülönböztetni. Nem kell egyenként megszámolnunk az asztalon fekvő két vagy három almát ahhoz, hogy érzékeljük a különbséget.

Ez azonban még nem feltétlenül számolás.

A döntő lépés akkor történhetett meg, amikor az ember felismerte, hogy két különböző dolog **mennyisége azonos lehet.**

Három vadász.

Három lándzsa.

Három elejtett állat.

A tárgyak egészen különbözők, mégis van bennük valami közös: ugyanannyian vannak.

Ez az absztrakció óriási szellemi teljesítmény. A „három” ettől kezdve már nem három konkrét tárgyat jelent, hanem egy olyan tulajdonságot, amely tárgyaktól függetlenül létezhet.

De ehhez még nem volt szükség számjegyekre.

Elég volt a megfeleltetés.

Minden birkához egy kavics. Minden elejtett állathoz egy rovás. Minden eltelt naphoz egy újabb jel.

Az ember ezzel valami nagyon fontosat tett: **a mennyiséget információvá alakította.**

1.2. Az ujjak, mint első számológép

Ha számolni akarunk, kézenfekvő, hogy azt használjuk, ami mindig kéznél van.

A kezünket.

Az ujjak valószínűleg az emberiség legrégebbi számolóeszközei közé tartoznak. Nem kellett elkészíteni őket, nem lehetett otthon felejteni őket, és tíz jól megkülönböztethető állapotot kínáltak.

Aligha véletlen, hogy a világ számos kultúrájában tízes alapú számrendszer alakult ki.

A tízes számrendszer tehát valószínűleg nem azért győzött, mert matematikailag különösen tökéletes lenne, hanem azért, mert tíz ujjunk van.

Más lehetőségek is adódtak. Egy kéz négy ujjának három-három ujjpercét a hüvelykujjal végigérintve például tizenkettőig lehet számolni. Ennek egyik lehetséges magyarázataként gyakran felmerül a tizenkettes számolás kialakulása is. A 12 ráadásul kényelmes szám: osztható kettővel, hárommal, néggyel és hattal.

A régi számrendszerek nyomai ma is körülvesznek bennünket. Egy tucat tizenkettő, az óra számlapját tizenkét részre osztjuk, egy napban kétszer tizenkét óra van, az órában pedig hatvan perc.

A kezünk tehát nemcsak számolóeszköz lehetett.

Nyomot hagyott magán a matematikán is.

1.3. Kavicsok és számolókövek

Az ujjaknak azonban van egy nagy hátrányuk: amit megszámoltunk rajtuk, azt nem tudjuk rajtuk tartósan megőrizni.

Ha egy pásztor reggel kihajtja az állatokat, este pedig ellenőrizni akarja, hogy mind visszatértek-e, egyszerűbb módszerre van szüksége.

Minden kihajtott állathoz félretehet egy kavicsot.

Amikor az állatok visszatérnek, minden egyes állat után elvesz egyet a halomból.

Ha elfogytak a kavicsok, minden állat visszatért.

Ehhez még azt sem kell tudnia, hány állata van.

Ez az úgynevezett **egy-egy megfeleltetés** egyik legegyszerűbb formája: minden megszámolandó dologhoz hozzárendelünk egy másik tárgyat.

A kavics azonban már több az ujjnál. Külső memória.

Az információt leválasztjuk saját testünkről, és átadjuk egy tárgynak.

Ez a gondolat végigkíséri majd a számítástechnika egész történetét.

A „calculus" eredetileg kavicsot jelentett

A számolás és a kavicsok kapcsolata még a nyelvünkben is fennmaradt.

A latin *calculus* szó eredeti jelentése: **kis kő, kavics**. A rómaiak apró köveket is használtak számolásra és számolótáblákon végzett műveletekre.

A szóból később a számítás fogalma alakult ki.

Innen származik az angol *calculate* – számolni – és a *calculator* – számológép – szó is. A matematikai *calculus* pedig ma már a differenciál- és integrálszámítást jelenti.

1.4. Rovások, rovásbotok, csontok

A kavicsok praktikusak, de könnyen elvesznek.

Mi lenne, ha a mennyiséget nem különálló tárgyakkal, hanem maradandó jelekkel rögzítenénk?

Egy botba vagy csontba karcolt vonalak erre kiválóan alkalmasak.

| | | | |

Öt vonal – öt valami.

Nem kell tudnunk, hogyan nevezték ezt a mennyiséget. Nem kell hozzá számjegy, sőt még írás sem.

A rovás egyszerre lehetett **számlálás és emlékeztető.**

Hány állatot adtam át?

Hány nap telt el?

Hányszor történt meg valami?

A rovásjelek jelentését azonban sokszor már nem ismerjük. Egy ősi csonton található szabályos bevágássor lehetett számlálás, naptár, tulajdonjel, díszítés vagy valami egészen más.

Ez fontos óvatosságra int.

Ha egy több tízezer éves tárgyon szabályos vonalakat találunk, nagyon csábító kijelenteni: **megtaláltuk az első matematikust.**

A régészet azonban ritkán ilyen egyszerű.

1.5. Az Ishango-csont

A számolás történetének egyik legismertebb tárgya az **Ishango-csont**.

Az afrikai Nagy-tavak vidékén, a mai Kongói Demokratikus Köztársaság területén találták, és nagyjából húszezer évesre becsülik. A páviáncsontból készült tárgy felületén több csoportba rendezett rovátka található.



Ezek a rovások tették híressé.

Egyes kutatók szerint egyszerű számlálás nyomai. Mások matematikai összefüggéseket véltek felfedezni bennük: párosításokat, összeadásokat, sőt prímszámokkal kapcsolatos mintázatokat is.

Még az is felmerült, hogy valamiféle holdnaptár lehetett.

Biztos választ nem ismerünk.

És talán éppen ettől érdekes.

Az Ishango-csont nem azért fontos, mert bizonyosan tudjuk, milyen számításokat végeztek vele. Hanem azért, mert azt mutatja, hogy az ember már az írás megjelenése előtt nagyon régen feltehetően **rendszerezett jelekkel rögzített mennyiségeket vagy ismétlődő eseményeket**.

Valahol itt kezdődhetett a számok hosszú története.

1.6. Számolótáblák

A következő nagy lépés az volt, amikor a számolóköveket már nem egyszerűen halomba rakták, hanem meghatározott helyekre helyezték.

Ezzel megszületett egy új gondolat: **nemcsak maga a kő, hanem a helye is jelent valamit.**

Egy vonal vagy oszlop jelölheti az egyeseket, egy másik a tízeseket, egy harmadik a százasokat.

Ugyanaz a kavics tehát különböző értéket képviselhet attól függően, hol található.

Ez már meglepően közel áll a helyiérték fogalmához.

A számolótábla ráadásul nem pusztán tárolja a mennyiséget. A kövek mozgatásával **műveleteket lehet végezni**.

Hozzáadunk egy követ.

Elveszünk egyet.

Átcsoportosítunk.

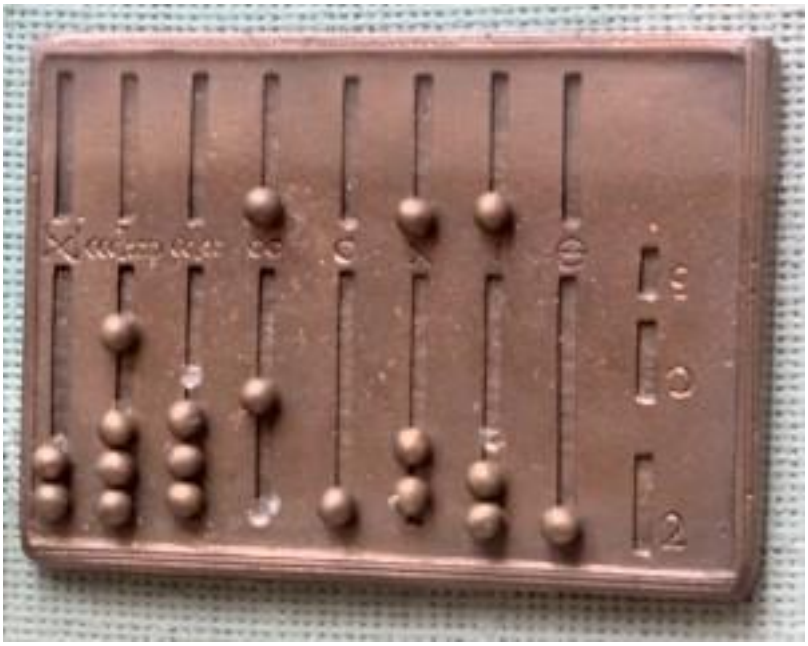
A számolás fizikai műveletté válik.

A fejben végzett absztrakt műveletet tárgyak mozgatásával helyettesítjük.

Ez az elv vezet el az abakuszig.

1.7. Az abakusz

Az abakuszt nyugodtan nevezhetjük az emberiség egyik első igazi számológépének – bár természetesen nem „gép” a szó mai értelmében.



A lényeg azonban már ugyanaz.

Van egy meghatározott szerkezet.

Vannak állapotai.

Az egyes elemek helyzete számértéket képvisel.

És meghatározott szabályok szerint végzett mozdulatokkal matematikai műveleteket hajthatunk végre.

A korai számolótáblákon még különálló köveket mozgattak. Az abakuszon ezeket rudakra vagy huzalokra fűzött golyók váltották fel.

Ez egyszerű változtatásnak tűnhet, mégis jelentős előnye volt: a számolóelemek többé nem veszhettek el, és mozgásuk rendezetté vált.

Gyakorlott kézben az abakusz rendkívül gyors eszköz.

Összeadásra és kivonásra természetesen használható, de megfelelő módszerekkel szorzás, osztás, sőt bonyolultabb műveletek is elvégezhetők rajta.

És van még valami, ami miatt különleges helyet érdemel ebben a könyvben.

Az abakusz **nem végzi el helyettünk a számítást.**

A műveletet továbbra is az ember hajtja végre.

A szerkezet csak segít abban, hogy az emberi gondolkodás lépéseit fizikai mozdulatokká alakítsuk.

Ez a határvonal később döntő fontosságú lesz.

A következő évszázadok nagy kérdése ugyanis éppen az lesz:

Lehet-e olyan szerkezetet készíteni, amely már maga végzi el ezeket a lépéseket?

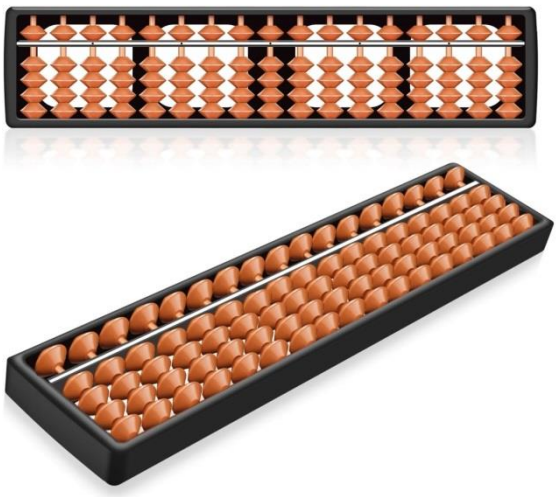
1.8. Kínai és japán számolóeszközök

Az abakusz történetének legismertebb továbbélő változatai Kelet-Ázsiában alakultak ki.



A kínai **szuanpan** (*suanpan*) rendszerint rudanként két felső és öt alsó golyót használ. A felső golyók ötös, az alsók egyes értéket képviselnek.

Japánban ebből fejlődött ki a **szoroban** (*soroban*), amelynek modern változatán egy felső és négy alsó golyó található egy-egy rúdon.



A kevesebb golyó nem visszalépést jelentett.

Éppen ellenkezőleg: a szerkezet egyszerűbbé és gyorsabbá vált.

A szoroban használata Japánban ma is része lehet a matematikai oktatásnak. A gyakorlott használók pedig idővel már magát az eszközt sem feltétlenül igénylik: képzeletben látják az abakuszt, és a golyók mozgását gondolatban végzik el.

A fizikai számológép így **mentális számológéppé** válik.

Ez különös módon visszavezet bennünket oda, ahonnan elindultunk.

Először az ember a saját testével számolt.

Aztán a számolást kivitte a külvilágba: kavicsokra, rovásokra és abakuszokra bízta.

Végül a megtanult külső eszközt ismét vissza tudta vinni saját gondolkodásába.

KERETES – Vajon az állatok tudnak számolni?

Ha a számolás történetét az emberrel kezdjük, rögtön felmerül egy zavarba ejtő kérdés:

biztosan mi találtuk fel?

Számos állatkísérlet arra utal, hogy bizonyos állatok képesek mennyiségek megkülönböztetésére.

Majmok, varjak, galambok, papagájok, halak és más állatok is képesek lehetnek felismerni, melyik csoportban van több táplálék vagy több egyed. Egyes fajok kis mennyiségeket meglepő pontossággal különböztetnek meg, és kísérleti körülmények között egyszerű numerikus feladatokat is megtanulhatnak.

De ez ugyanaz-e, mint amikor az ember azt mondja: **2 + 3 = 5?**

Valószínűleg nem. A mennyiség érzékelése és az absztrakt matematika között hatalmas a különbség.

Egy állat számára fontos lehet felismerni, hogy az egyik helyen több élelem van, vagy hogy a rivális csoport nagyobb a sajátjánál. Ehhez evolúciós előny kapcsolódik.

Az ember azonban tett még egy lépést. A mennyiséget elválasztotta attól a dologtól, amelynek a mennyiségéről szó volt.

Így születhetett meg a **szám mint elvont fogalom**.

És ettől kezdve már nemcsak három alma és három vadász létezett.

Megszületett a **három**.



Az abakusznál azonban még mindig az ember számol.

A golyók nem tudják, mit jelentenek. Nem ismerik az összeadást, és nem értik a számokat. Csak engedelmeskednek az ember kezének.

A számolás történetének következő nagy fordulata akkor következik be, amikor az ember felteszi a kérdést:

Ha a számolás szabályok sorozata, miért ne hajthatná végre ezeket a szabályokat maga a gép?

Ezzel kezdődik a mechanikus számológépek története.

2. A számírás és a számrendszerek

„A szám akkor vált igazán hatalmassá, amikor már nem kellett megmutatni, mit számolunk.”

Az előző fejezetben kavicsokat raktunk félre, rovásokat véstünk egy botba, golyókat tologattunk egy abakuszon.

Mindezekkel mennyiségeket tudtunk megjeleníteni és műveleteket tudtunk végezni.

De valami még hiányzott.

Maga a számok írásos jelölése.

Ma természetesnek vesszük, hogy ha leírjuk: **5**

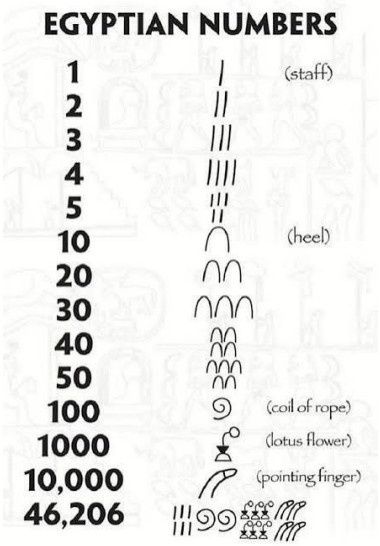
akkor, mindenki tudja, mit jelent.

Pedig az 5-ös jel önmagában semmiben sem hasonlít öt almára, öt emberre vagy öt kavicsra. Az emberiség történetének egyik legfontosabb szellemi lépése volt, amikor a mennyiséget sikerült elszakítani a megszámolt tárgyaktól, és önálló jelekkel kezdtük ábrázolni.

Ehhez azonban hosszú út vezetett.

2.1. Egyiptomi számírás

Az ókori Egyiptomban már több mint ötezer évvel ezelőtt fejlett számjelölési rendszer létezett.



Az egyiptomiak tízes alapú rendszert használtak, de nem a mai helyiértékes módon. Külön jelük volt az 1-re, 10-re, 100-ra, 1000-re és a tíz további hatványaira.

Ha például 23-at akartak leírni, két tízesjelet és három egyesjelet írtak.

Az elv egyszerű volt:

amit látunk, azt össze kell adni.

Ez nagy előrelépés volt a rovásokhoz képest, mert már nem kellett 1234 rovátkát készíteni az 1234 jelölésére.

Ugyanakkor nagy számok leírása továbbra is sok jelet igényelhetett.

A rendszer jól megfelelt az egyiptomi állam gyakorlati igényeinek. Adót kellett beszedni, gabonát nyilvántartani, földterületeket mérni, építkezéseket szervezni.

A matematika egyik legfontosabb hajtóereje már ekkor megjelent:

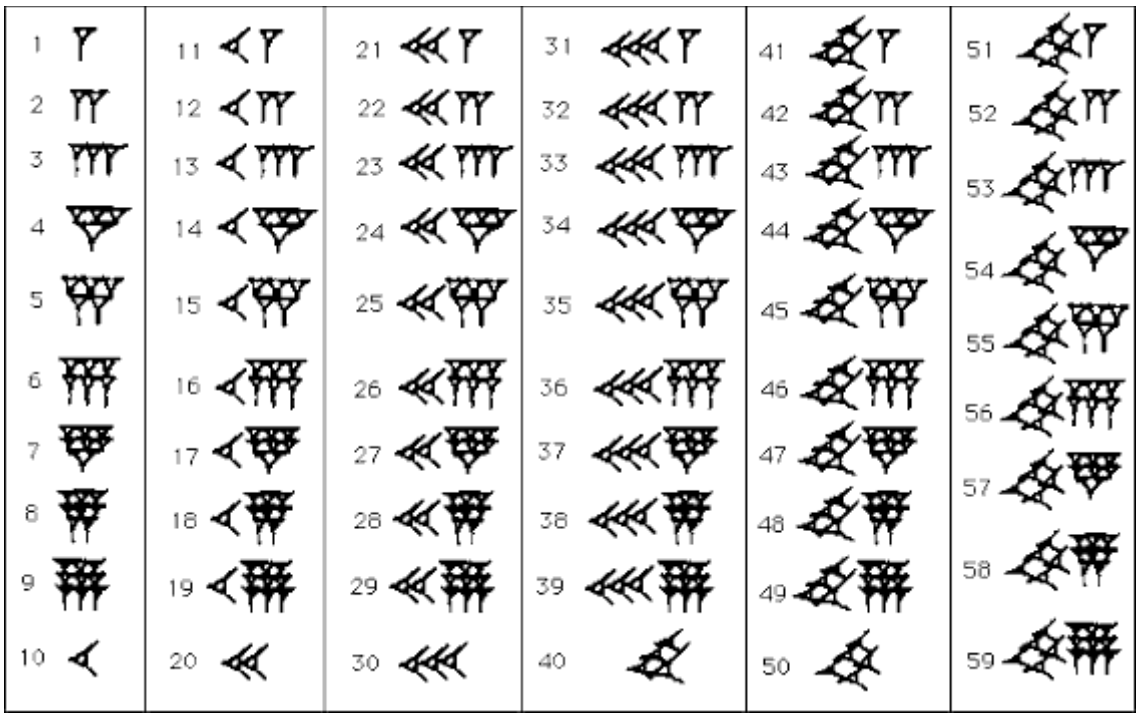
az adminisztráció.

A szám nem pusztán tudományos érdekesség volt. A működő állam egyik eszközévé vált.

2.2. Mezopotámia és a hatvanas számrendszer

Miközben Egyiptomban a tízes rendszer fejlődött, Mezopotámiában egészen más megoldás született.

A babiloni matematika egyik legérdekesebb sajátossága a **hatvanas, vagyis szexageszimális számrendszer** volt.



Miért éppen 60?

Biztos választ nem tudunk, de matematikailag rendkívül praktikus szám. Sok osztója van:

2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 és 30.

Ez különösen kényelmessé teszi törtek kezelésére.

A mezopotámiai rendszer más szempontból még fontosabb számunkra: kialakult benne a **helyiérték** gondolata.

Ugyanaz a jel más értéket jelenthetett attól függően, hogy hol állt.

Ez az elv ma annyira természetes számunkra, hogy alig vesszük észre.

A **2** és a **2000**

között nem azért van ezerszeres különbség, mert másképpen írjuk a kettest, hanem azért, mert más helyiértéken szerepel.

A hely tehát információt hordoz.

Ez az egyszerű gondolat nélkül a mai számábrázolás elképzelhetetlen lenne.

Miért van 60 perc egy órában?

Ha ma egy órára nézünk, több ezer éves matematikai örökséget látunk.

Az órát 60 percre, a percet 60 másodpercre osztjuk. A kört 360 fokra.

Ezek a felosztások történetileg összefüggnek az ókori mezopotámiai matematika hatvanas rendszerének örökségével, bár mai időmérési rendszerünk hosszú történeti fejlődés eredménye.

A tízes számrendszer szinte mindenütt győzött.

A hatvanas azonban két különösen makacs helyen fennmaradt: **az időben és a szögekben.**

Amikor tehát azt mondjuk, hogy „negyedóra”, vagy egy földrajzi koordinátát fokban, percben és másodpercben adunk meg, több ezer éves matematikai hagyományt használunk.

2.3. Görög számok

Görög alfabetikus számjegyek

1	$\bar{\alpha}$	10	$\bar{\iota}$	100	$\bar{\varrho}$	1000	$\bar{\bar{\alpha}}$
2	$\bar{\beta}$	20	$\bar{\varkappa}$	200	$\bar{\sigma}$	2000	$\bar{\bar{\beta}}$
3	$\bar{\gamma}$	30	$\bar{\lambda}$	300	$\bar{\tau}$	3000	$\bar{\bar{\gamma}}$
4	$\bar{\delta}$	40	$\bar{\mu}$	400	$\bar{\upsilon}$	4000	$\bar{\bar{\delta}}$
5	$\bar{\varepsilon}$	50	$\bar{\nu}$	500	$\bar{\varphi}$	5000	$\bar{\bar{\varepsilon}}$
6	$\bar{\zeta}$	60	$\bar{\xi}$	600	$\bar{\chi}$	6000	$\bar{\bar{\zeta}}$
7	$\bar{\zeta}$	70	$\bar{o}$	700	$\bar{\psi}$	7000	$\bar{\bar{\zeta}}$
8	$\bar{\eta}$	80	$\bar{\pi}$	800	$\bar{\omega}$	8000	$\bar{\bar{\eta}}$
9	$\bar{\vartheta}$	90	$\bar{\varrho}$	900	$\bar{\lambda}$	9000	$\bar{\bar{\vartheta}}$

Példa: $\bar{\tau}\,\bar{\upsilon}\,\bar{\delta} = 300 + 50 + 4.$

A görög matematika óriási hatást gyakorolt az európai tudományra, számjelölésük azonban mai szemmel kevésbé tűnik forradalminak.

A görögök többféle rendszert is használtak. Az egyik legismertebb az alfabetikus rendszer volt, amelyben a görög ábécé betűi kaptak számértéket.

Külön betűk jelölték az egyeseket, tízeseket és százasokat.

Ez tömörebb számírást tett lehetővé, de nem volt valódi helyiértékes rendszer.

A görögök jelentősége sokkal inkább abban áll, amit **a számokkal gondoltak**, mint abban, ahogyan leírták őket.

A matematika fokozatosan elszakadt a puszta gyakorlati számolástól.

Nemcsak azt kérdezték: **mennyi?**

Hanem azt is: **miért?**

Ezzel megszületett a bizonyításra és általános összefüggésekre épülő matematika egyik nagy hagyománya.

2.4. Római számok

A római számokat ma is mindenki felismeri:

I, V, X, L, C, D, M.

Óralapokon, évszámokban, uralkodók és pápák neve mellett még ma is találkozunk velük.

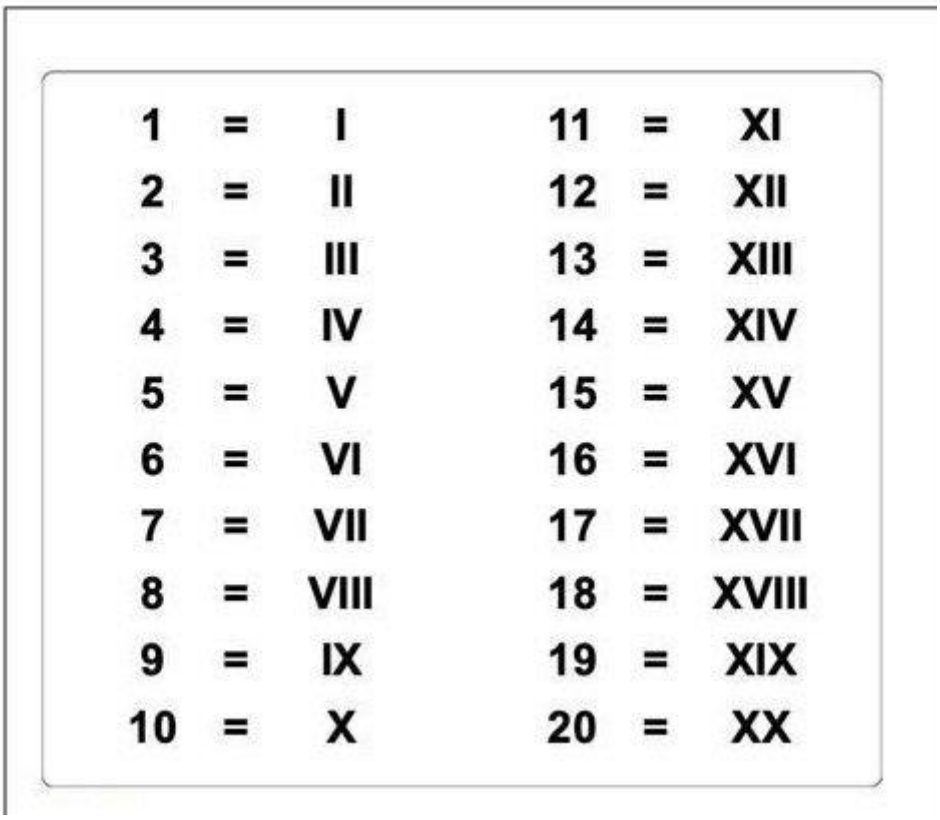
A rendszer alkalmas számok leírására, de próbáljunk meg vele írásban szorozni vagy osztani!

Például:

CCXLVII × XXXVIII

Már a feladat látványa is megmutatja a problémát.

A római számírás nem helyiértékes rendszer, és nincs benne a mai értelemben vett nulla.



A rómaiak természetesen tudtak számolni. A bonyolultabb műveleteket azonban nem feltétlenül magukon a leírt számjegyeken végezték, hanem számolótáblák és abakuszszerű eszközök segítségével.

Ez fontos különbség: **a szám leírása és a számolás módja nem feltétlenül ugyanaz.**



2.5. Kínai számolópálcák

Kínában különleges rendszer alakult ki: a számokat kis pálcikák elrendezésével ábrázolták.

A **számolópálcák** nem pusztán számjegyek voltak. Egy számolótáblán elhelyezve műveleteket is lehetett velük végezni.

A pálcák helyzete és elrendezése számértéket hordozott, a különböző helyek pedig különböző helyiértékeket jelentettek.

Ez már nagyon közel áll ahhoz a gondolathoz, amely később a modern számírás alapja lett:

egy jel értékét nemcsak az alakja, hanem a helye is meghatározhatja.

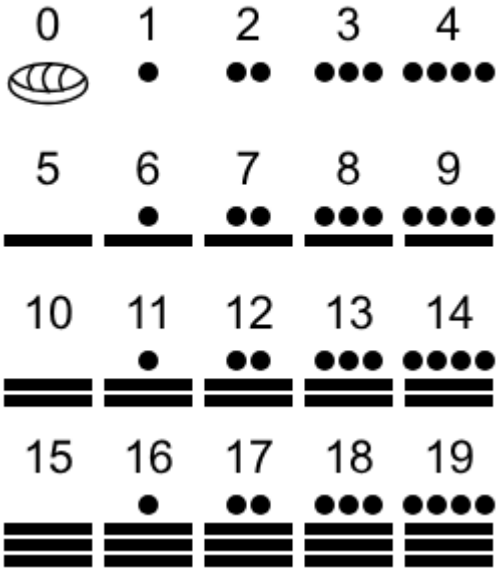
A kínai matematikai hagyomány arra is jó példa, hogy a matematika fejlődése nem egyetlen, Egyiptomból Görögországon és Rómán keresztül Európába vezető út volt.

A számolás történetének **több központja volt**.

2.6. A maja számrendszer

A világ másik felén, az amerikai kontinensen a maja civilizáció egészen más számrendszert alakított ki.

Alapja nem a tíz vagy a hatvan, hanem a **húsz** volt.



Ez sem feltétlenül meglepő.

Ha az ember nemcsak a tíz kézujját, hanem a tíz lábujját is számításba veszi, húszig jut.

A maják pontokkal és vonalakkal jelölték a számokat. Egy pont egyet, egy vonal ötöt jelentett.

Rendszerük egyik legérdekesebb eleme azonban egy külön jel volt: **a nulla.**

Ez különösen figyelemre méltó, mert a nulla fogalma a világ különböző kultúráiban nem azonos időben és nem azonos módon jelent meg.

A maják számrendszere arra emlékeztet bennünket, hogy hasonló matematikai problémákra egymástól távoli civilizációk egymástól függetlenül is találhatnak megoldást.

2.7. Indiai számjegyek

A mai számírásunk alapjai Indiában alakultak ki.



A döntő újítás nem egyszerűen tíz számjegy formájának feltalálása volt.

Sokkal fontosabb volt az a rendszer, amelyben ezek működtek:

tízes alapú, helyiértékes számírás.

Ebben a rendszerben mindössze tíz jel elegendő tetszőlegesen nagy számok leírásához:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Ugyanaz a számjegy mást jelent attól függően, hol áll.

A 222-ben például három egyforma jelet látunk, mégis három különböző értéket jelentenek:

200 + 20 + 2.

Ez rendkívül gazdaságos információábrázolás.

És kellett hozzá még valami.

Egy jel, amely a **semmit** jelenti.

2.8. A nulla forradalma

A nulla első pillantásra a legegyszerűbb számnak tűnik. **Semmi.**

Mi lehetne ennél egyszerűbb? Matematikailag azonban a „semmi” meglepően nehéz gondolat.

Vegyük például ezt a számot:

507

Az 5 az ötszázat jelöli.

A 7 a hetet.

De honnan tudjuk, hogy nincs közöttük tízes? A nulla mondja meg. Helyet tart fenn.

A nulla azonban idővel ennél is több lett: **önálló számmá** vált, amellyel műveleteket lehet végezni. Ez hatalmas fogalmi ugrás volt.

Miért volt forradalmi találmány a nulla?

Próbáljuk meg leírni helyiértékes rendszerben az „ötszázhét” számot nulla nélkül.

507.

Ha egyszerűen kihagyjuk a nullát: 57

Már egészen más számot kaptunk.

A nulla először tehát üres helyet jelölhet: azt mondja, hogy azon a helyiértéken nincs semmi.

De a matematika fejlődésében ennél sokkal fontosabb szerepet kapott.

A „nincs semmi” önálló számmá vált.

Lehet hozzáadni: **5 + 0 = 5**

Lehet kivonni: **5 − 5 = 0**

És egy egész számrendszer középpontjába kerülhet.

A nulla nélkül a modern matematika, algebra és számítástechnika elképzelhetetlen lenne.

A számítógépek világában pedig különösen szép fordulat következett be.

A gépek legalapvetőbb számrendszerében mindössze két számjegy maradt: **0 és 1.**

A „semmi” végül a digitális világ egyik alapkövévé vált.

2.9. Az arab közvetítés

A ma használt jeleket gyakran egyszerűen **arab számoknak** nevezzük.

Ez igaz is – és nem is.

A rendszer alapjai Indiában fejlődtek ki, majd az iszlám világ tudósai átvették, tanulmányozták, továbbfejlesztették és közvetítették.

Az arab nyelvű tudományos kultúra ebben az időszakban hatalmas tudásközvetítő szerepet játszott.

Görög, perzsa és indiai műveket fordítottak le, őriztek meg és dolgoztak tovább.

A matematika történetének egyik legfontosabb alakja **al-Hvárizmi** volt.

Nevének latin formájából származik az **algoritmus** szavunk.

Ez a szó később a számítástechnika egyik alapfogalma lett.

Az *al-dzsabr* kifejezésből pedig az **algebra** szó származik.

Egy több mint ezer éve élt matematikus neve így ma szinte minden számítógépes program mögött ott rejtőzik.



2.10. Fibonacci és az arab számjegyek európai elterjedése

A 13. század elején Leonardo Pisano, akit ma inkább **Fibonacci** néven ismerünk, *Liber Abaci* című művében bemutatta az indiai–arab számírás és számolás előnyeit.

Fibonacci kereskedőcsaládból származott, és a mediterrán világban találkozott azzal a matematikai kultúrával,

amelyben ezek a módszerek már használatosak voltak.

Az új számírás különösen a kereskedelemben bizonyult előnyösnek.

Árak.

Tartozások.

Árfolyamok.

Kamatok.

Nyereség és veszteség.

A helyiértékes számírással mindezeket sokkal könnyebb volt kiszámítani.

Az új rendszer mégsem győzött egyik napról a másikra.

A megszokott módszerek sokáig tovább éltek, és az abakusz használata sem tűnt el.

Ez a technikatörténetben újra és újra megfigyelhető:

egy jobb technológia megjelenése nem jelenti azt, hogy a régi azonnal eltűnik.

Scsoti: az abakusz, amely túlélte a számológépet

A technika történetében az új eszközök nem mindig tüntetik el azonnal a régieket. Ennek egyik legszebb példája az orosz abakusz, a **scsoti** (oroszul: *счёты*).

A scsoti első pillantásra egyszerű fakeretnek tűnik, amelyben vízszintes huzalokon golyók sorakoznak. Működése azonban eltér a kínai szuanpantól és a japán szorobantól. A sorok helyiértékeket képviselnek, a golyók ide-oda mozgatásával pedig gyorsan lehet összeadni, kivonni és más számításokat végezni.

Különösen alkalmas volt kereskedelmi számolásokra.

Ami igazán érdekessé teszi, az nem is annyira a szerkezete, hanem **rendkívüli hosszú élete.**

A scsotit Oroszországban, majd a Szovjetunióban boltokban, hivatalokban és más munkahelyeken még a 20. század második felében is széles körben használták. A bolti pénztáraknál sem volt ritka látvány, hogy a modern pénztárgép mellett ott állt a hagyományos abakusz, és az eladó azon ellenőrizte vagy végezte el a számítást.

A két eszköz békésen megfért egymás mellett:

az egyikben már fogaskerekek, majd elektronika dolgozott, a másikban pedig néhány huzal és néhány tucat golyó.

Miért maradhatott fenn ilyen sokáig?

Mert egyszerű volt, olcsó, megbízható és gyors. Nem kellett hozzá áram, nem romlott el könnyen, és aki megtanulta használni, meglepő sebességgel tudott rajta számolni.

A scsoti ezért szép példája a technikatörténet egyik visszatérő tanulságának:

egy régi technológia nem akkor tűnik el, amikor feltalálnak nála korszerűbbet, hanem akkor, amikor az új technológia már minden fontos szempontból kényelmesebbé válik nála.

Így történhetett meg, hogy miközben az emberiség már elektronikus számítógépeket épített és űrhajókat küldött a világűrbe, egy szovjet üzletben az eladó még mindig golyókat tologathatott egy fakeretben.

Személyes emlék

1975-ben a Szovjetunióban magam is láttam ennek különös példáját. Az eladó a fizetendő összeget először a scsotin számolta ki, majd a kapott eredményt írta be a pénztárgépbe.

Vagyis egymás mellett működött két korszak technikája: **az ősi abakusz elvén működő számolóeszköz számolt, a modern pénztárgép pedig rögzítette az eredményt.**



2.11. Kettes és más számrendszerek

Ha tíz ujjunk helyett nyolc lenne, vajon ma nyolcas számrendszert használnánk?

Könnyen lehet.

A tízes számrendszer nem matematikai szükségszerűség.

Ugyanazt a mennyiséget bármilyen alapú számrendszerben leírhatjuk.

A tízes rendszerben:

13

A kettes rendszerben:

1101

A tizenhatos rendszerben:

D

Mindhárom ugyanazt a mennyiséget jelenti.

Csak más nyelven.

A kettes számrendszerben mindössze két számjegyre van szükség:

0 és 1.

Ez ember számára első pillantásra kényelmetlennek tűnhet. Nagyon hosszú számsorokat kapunk.

A gépek számára azonban óriási előnye van.

Két állapotot ugyanis rendkívül könnyű fizikailag megkülönböztetni:

van áram – nincs áram,

magas feszültség – alacsony feszültség,

be – ki,

1 – 0.

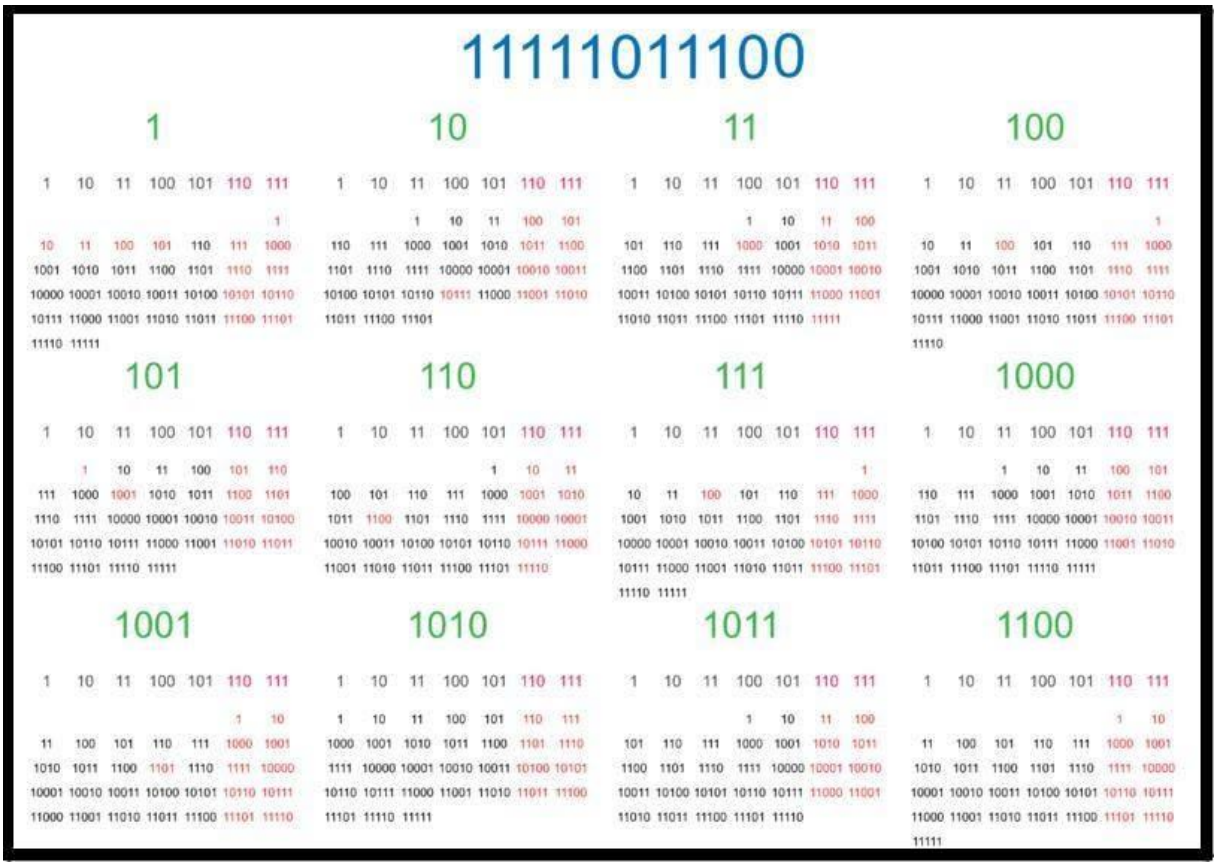
A kettes számrendszer ezért válhatott a digitális számítógépek természetes nyelvévé.

A programozásban pedig más számrendszerek is fontossá váltak. A nyolcas és különösen a tizenhatos számrendszer kényelmes módot ad hosszú bináris számsorok rövidebb leírására.

Ezzel különös kör bezárul.

Az ember a tíz ujjával kezdett számolni.

Ezért természetessé vált számára a tízes számrendszer.



2012-év naptára kettes számrendszerben

Amikor azonban számoló gépeket kezdett építeni, kiderült, hogy **a gépnek nincs tíz ujja.**

Két könnyen megkülönböztethető állapota viszont van.

Így született meg az a világ, amelyben egy fénykép, egy könyv, egy zenemű, egy film vagy akár egy mesterséges intelligencia működéséhez szükséges adatok végső soron két jellel ábrázolhatók:

0 és 1.

Az ember tehát már képes volt a mennyiséget elvont jelekkel ábrázolni.

Megszületett a helyiérték.

Megszületett a nulla.

Megszülettek azok a számrendszerek, amelyekben a számokat hatékonyan lehetett leírni.

De a számolást továbbra is **az embernek kellett elvégeznie**.

A következő nagy kérdés ezért már szinte magától adódott:

Ha a számokat jelekkel le tudjuk írni, és a műveletek szabályait is ismerjük, készíthetünk-e olyan szerkezetet, amely ezeket a műveleteket helyettünk hajtja végre?

Ezzel a számok történetéből lassan átlépünk a **számológépek történetébe**.

II. rész – A számolásból algoritmus lesz

3. Hogyan számolunk?

A számok leírása önmagában még nem oldotta meg a számolás feladatát. Attól, hogy egy kereskedő fel tudta jegyezni, hány zsák gabonát vásárolt, még ki kellett számítania az áru árát. A földmérőnek a feljegyzett hosszúságokból területet kellett meghatároznia, a csillagásznak pedig megfigyeléseiből az égitestek későbbi helyzetére kellett következtetnie.

Ehhez eljárásokra volt szükség: olyan szabályokra, amelyek megmondják, mit kell tenni a számokkal, és milyen sorrendben.

A számítástechnika történetének egyik legfontosabb fordulata jóval a számítógépek megjelenése előtt következett be. Az ember felismerte, hogy egy nehéz feladat egyszerű, ismételhető lépésekre bontható. Ha pedig a lépéseket pontosan rögzítjük, más is végrehajthatja őket.

Először egy másik ember. Később egy gép.

3.1. Az algoritmus fogalma

Az algoritmus egy feladat megoldására szolgáló, pontosan meghatározott eljárás. Rögzíti a végrehajtandó lépéseket, azok sorrendjét, és azt is, milyen feltételek mellett kell továbblépni, ismételni vagy befejezni a munkát. A véges számítási feladatoknál azt várjuk tőle, hogy a megengedett bemenő adatokból véges számú lépés után eredményt adjon.

A szó ma leginkább az informatikából ismerős, de algoritmusokat akkor is használunk, amikor papíron összeadunk két számot. Követjük az iskolában megtanult szabályokat: az azonos helyi értékű számjegyeket egymás alá írjuk, jobbról indulunk, és szükség esetén továbbvisszük a tízeseket.

Az eljárás ugyanaz marad, akár egy bevásárlás összegét, akár egy építkezés költségeit számoljuk. Csak az adatok változnak.

Egy régi példa az algoritmikus gondolkodásra a két pozitív egész szám legnagyobb közös osztóját meghatározó euklideszi algoritmus. Maradékos osztásra épülő változatában a nagyobb számot elosztjuk a kisebbel, majd az osztót a kapott maradékkal. Ezt addig ismételjük, amíg a maradék nulla nem lesz. Az utolsó nem nulla maradék a keresett közös osztó.

A 48 és a 18 esetében:

- 48 osztva 18-cal: a maradék 12;
- 18 osztva 12-vel: a maradék 6;
- 12 osztva 6-tal: a maradék 0.

A legnagyobb közös osztó tehát 6.

A módszer nem találgat, és nem próbálgatja végig az összes lehetséges osztót. Minden lépése közelebb visz a befejezéshez.

A hétköznapi életből gyakran a receptet hozzuk fel példának. A hasonlat azonban csak részben pontos. A „süssük, amíg szép színe lesz” utasítás egy tapasztalt szakácsnak elegendő lehet, egy gép számára viszont további meghatározást igényel. Milyen szín számít megfelelőnek? Hogyan mérjük? Mikor ellenőrizzük?

Az algoritmus jelentősége abban áll, hogy a megoldás menetét végrehajtható szabályokká alakítja. A szabályok kitalálása és végrehajtása így két külön feladattá válhat.

3.2. al-Hvárizmi



Az algoritmus szó egy középkori tudós nevét őrzi. Muhammad ibn Músá al-Hvárizmi a 9. század első felében, a bagdadi tudományos életben dolgozott. Arab nyelven alkotott, és munkásságában az indiai számolási hagyományoknak is fontos szerepük volt.

A hindu számolási módszerekről írt művében a tízes helyiérték-rendszer használatát és a hozzá kapcsolódó műveleteket ismertette. Az eredeti arab szöveg elveszett, de tartalma latin átdolgozások révén tovább élt. Nevének latinos alakjából származott az *algorismus,* majd később az *algoritmus* kifejezés.

Egy másik munkájának címében az *al-dzsabr* szó szerepelt. Ebből ered az algebra elnevezése. Ebben a könyvében egyenletek megoldását tárgyalta, még a mai jelképes algebrai írásmód nélkül: a feladatokat és a műveleteket szavakkal írta le.

Al-Hvárizmi nem a nullát vagy az algoritmikus gondolkodást találta fel. Jelentősége a számolási eljárások rendszerezésében és közvetítésében állt. Munkái hozzájárultak ahhoz, hogy a számolás módszerei különböző nyelvű és kultúrájú tudományos közösségek között terjedjenek.

Nevének története különösen találó: egy ember neve előbb egy számolási módszer, később pedig általában a szabályosan végrehajtható eljárások elnevezésévé vált.

3.3. Írásbeli alapműveletek

Az írásbeli számolás egyik nagy előnye, hogy nem kell minden részletet fejben tartanunk. A papír megőrzi a kiinduló adatokat, a köztes eredményeket és a műveletek sorrendjének nyomait.

A helyiértékes számírás ehhez különösen alkalmas. Ugyanaz a számjegy mást jelent attól függően, hol áll: a 347-ben a 3 három százast, a 4 négy tízest, a 7 pedig hét egyest jelöl. A műveleteket ezért helyi értékek szerint felbonthatjuk.

Vegyük a 347 és a 286 összeadását. Az egyeseknél 7 + 6 = 13. Leírjuk a 3-at, és egy tízest továbbviszünk. A tízeseknél 4 + 8 + 1 = 13: ismét 3-at írunk le, és egy százast viszünk tovább. Végül 3 + 2 + 1 = 6. Az eredmény 633.

A „továbbvitel” nem önkényes fogás: tíz egyest egy tízesre, tíz tízest egy százasra cserélünk. A kivonásnál alkalmazott felbontás ennek fordítottja. Ha az egyesek helyén nincs elegendő mennyiség, egy tízest tíz egyessé bontunk.

A szorzás is egyszerűbb részekre vezethető vissza:

347 × 26 = 347 × 20 + 347 × 6 = 6940 + 2082 = 9022.

Az iskolai írásbeli szorzás ezt a felbontást rendezi áttekinthető formába. A részszorzatok eltolása azt fejezi ki, hogy az egyik számjegy egyeseket, a másik tízeseket jelöl.

Az írásbeli osztás során pedig azt vizsgáljuk, hogy az osztó hányszor fér bele az éppen sorra kerülő részbe. Megbecsüljük a következő számjegyet, szorzunk, kivonunk, majd folytatjuk a következő helyi értékkel.

Ezek az eljárások a feladat nagyságától függetlenül ugyanazokra az egyszerű műveletekre épülnek. Egy hosszú számsor kezelése több munkát jelent, de nem követel teljesen új módszert.

A papír ebben az értelemben külső emlékezetként működik. Tehermentesíti a fejünket, és lehetővé teszi, hogy a számítást később ellenőrizzük. Az írásbeli műveletekben így már megjelenik a későbbi számítógépek működésének több alapgondolata: az adatok tárolása, az elemi lépések ismétlése és a köztes eredmények felhasználása.

3.4. John Napier és a logaritmus

A csillagászatban, a hajózásban és a földmérésben egyre hosszabb számításokra volt szükség. Nagy számok szorzása és osztása sok időt vett igénybe, és minden újabb művelet újabb hibalehetőséget jelentett.

John Napier skót matematikus olyan módszert keresett, amellyel ez a munka egyszerűsíthető. A logaritmusokról szóló könyvét 1614-ben adta ki. Eredeti rendszere eltért a ma megszokott logaritmusoktól; a tízes alapú változat kidolgozásában és táblázatainak elkészítésében Henry Briggsnek volt meghatározó szerepe.

Az alapötlet a hatványok viselkedésén keresztül érthető meg.

A 100 a tíz második hatványa, az 1000 a harmadik. Ha összeszorozzuk őket, 100 000-et, vagyis a tíz ötödik hatványát kapjuk. A szorzáshoz tartozó kitevő tehát összeadással keletkezett:

2 + 3 = 5.

A logaritmus azt mondja meg, hogy egy adott alapot milyen hatványra kell emelni a keresett szám előállításához. A tízes alapú logaritmus esetében a 100 logaritmusa 2, az 1000-é 3. A módszer azonban nemcsak a tíz egész kitevős hatványaira működik. Más pozitív számokhoz is rendelhetünk logaritmust.

A számoló ember ezért két szám összeszorzását három részre bonthatta: kikereste a számok logaritmusát, összeadta őket, majd megkereste az összeghez tartozó számot. Osztáskor összeadás helyett kivonást végzett.

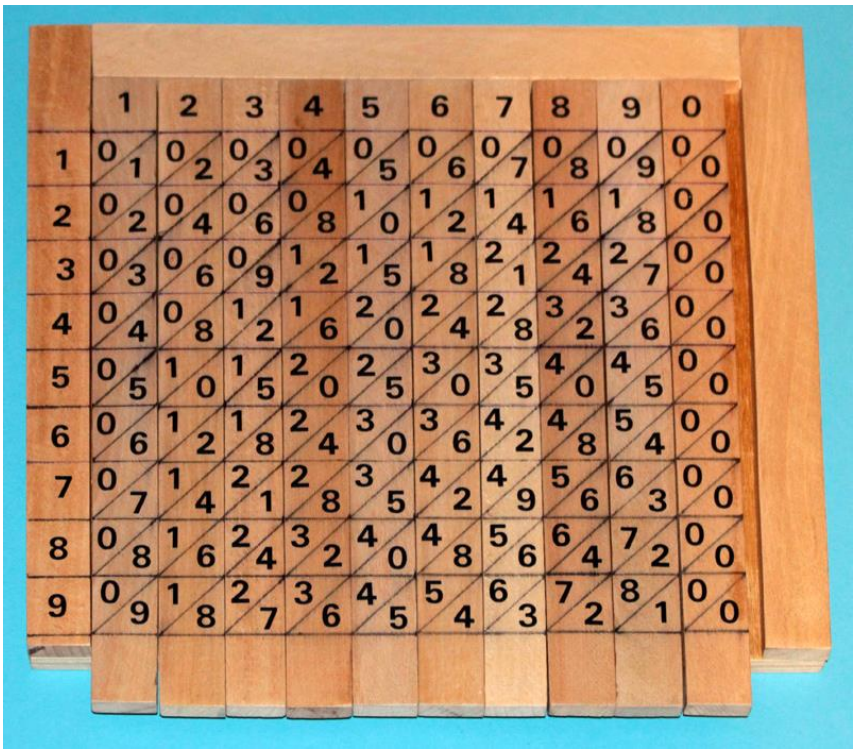
A módszert egy egyszerű feladathoz nem feltétlenül érdemes elővenni. Hosszú számsorok ismételt szorzásánál és osztásánál viszont jelentős munkát takaríthatott meg.

Ennek ára is volt: a szükséges logaritmusértékeket előre ki kellett számítani és táblázatba kellett rendezni. A nagy munkát így egyszer végezték el, eredményét pedig sokan, sok alkalommal használhatták.

3.5. Napier-csontok

Napier a számolás megkönnyítésére kézzelfogható eszközt is készített. A róla elnevezett számolópálcákat, közismert nevükön a Napier-csontokat 1617-ben ismertette. Elnevezésük ellenére nemcsak csontból: más anyagból, például fából is készültek.

A pálcákra a számjegyek többszöröseit írták fel. A kis négyzeteket átlós vonalak osztották ketté, elkülönítve a kétjegyű részszorzatok tízeseit és egyeseit. A megfelelő pálcákat egymás mellé helyezve az átlós sávokban szereplő számjegyek összeadásával lehetett előállítani az eredményt.



A szerző saját készítésű replikája

A 467 × 8 kiszámításához a 4-es, a 6-os és a 7-es pálcát tesszük egymás mellé. A nyolcas sorban a következő részszorzatok szerepelnek:

32 | 48 | 56

Az átlók mentén jobbról indulva először a 6-ot olvassuk le. A következő sávban 8 + 5 = 13: a 3-at leírjuk, az 1-et továbbvisszük. Ezután 2 + 4 + 1 = 7 következik, bal oldalon pedig megmarad a 3.

Az eredmény: **3736.**

A Napier-csontok nem logaritmusokkal működnek. A szorzótábla eredményeit rendezik olyan formába, amely megkönnyíti a részszorzatok összeadását. Egész számok szorzásánál a helyesen végrehajtott művelet pontos eredményt ad.

Az eszköz még nem végzi el önállóan a teljes számítást. A pálcák kiválasztása, a megfelelő sor megkeresése, az összeadás és a továbbvitel az ember feladata marad. A számolási munka egy részét azonban már a tárgyra rögzített információ helyettesíti.

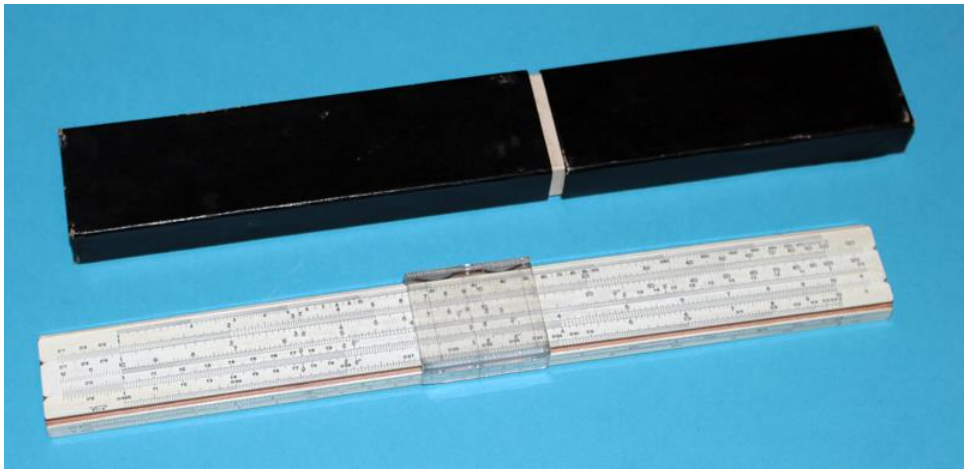
3.6. A logarléc

A logaritmus gondolatát nemcsak táblázatba, hanem egy mérőeszköz skálájába is be lehetett építeni.

A logarléc előzménye Edmund Gunter logaritmikus beosztású skálája volt. Ezen a számoláshoz körzővel mértek és vittek át távolságokat. Az 1620-as években William Oughtred két ilyen skálát helyezett egymás mellé. Elcsúsztatásukkal a távolságok közvetlenül összeadhatóvá vagy kivonhatóvá váltak.

Egy közönséges vonalzón az 1 és a 2 között ugyanakkora a távolság, mint a 2 és a 3 között. A logarlécen más a helyzet: a számok nem egyenletesen követik egymást. Az azonos arányokhoz tartoznak azonos távolságok. Az 1-től 2-ig terjedő szakasz például ugyanolyan hosszú, mint a 2-től 4-ig vagy a 4-től 8-ig terjedő.

Ha az egyik skála 1-es jelét a másik skála 2-eséhez csúsztatjuk, a mozgó skála 3-as jele alatt 6-ot olvashatunk le. Két hosszúságot adtunk össze, de a logaritmikus beosztás miatt két szám szorzatát kaptuk.



A szerző gyűjteményéből

A logarléc tehát a szorzást és az osztást távolságok kezelésére fordítja le. A további skálák négyzetre emelést, gyökvonást és trigonometriai számításokat is lehetővé tehetnek.

A leolvasás pontossága azonban korlátozott. Egy szokásos kézi logarléc általában néhány értékes számjegyet ad; a pontos eredmény függ a skála hosszától, minőségétől és a használó gyakorlatától. A tizedesvessző helyét többnyire külön kell meghatározni.

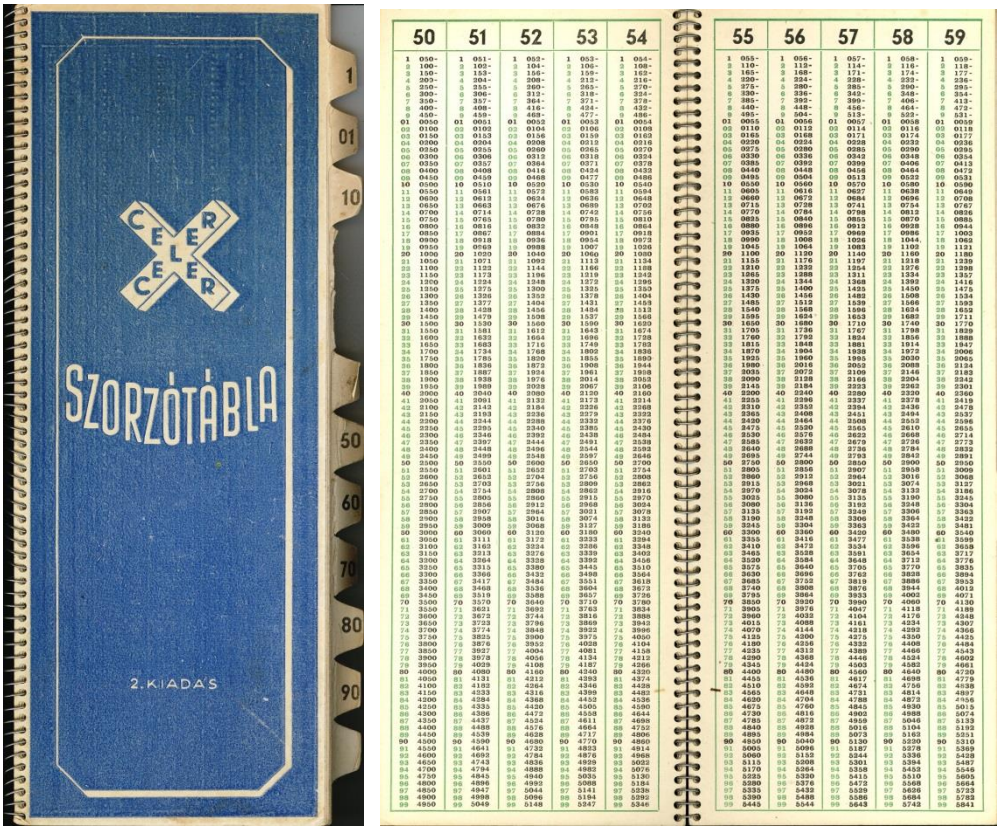
Ha például a skálán 6-ot olvasunk le, tudnunk kell, hogy az adott feladatban 0,6, 6, 60 vagy 600 a helyes eredmény. A becslés ezért a használat elengedhetetlen része.

A logarléc évszázadokon keresztül szolgált számolási segédeszközként. Sokféle kivitelben készült, az egyszerű léctől a kör alakú és hengeres változatokig. Jelentőségét az adta, hogy bonyolultabb műveleteket is gyorsan el lehetett végezni vele, miközben könnyen hordozható maradt.

3.7. Matematikai táblázatok

Nem szükséges minden eredményt minden alkalommal újra kiszámítani. Ha egy számításra sokszor van szükség, érdemes egyszer elvégezni, ellenőrizni, majd megőrizni az eredményt.

Ezen az elven működnek a matematikai táblázatok.



A szerző gyűjteményéből

A szorzótábla a legegyszerűbb példák egyike. A részletesebb táblázatok négyzeteket, köböket, négyzetgyököket, logaritmusokat vagy szögfüggvényértékeket tartalmaztak. Más

gyűjteményeket meghatározott feladatokra készítettek: kamatszámításhoz, hajózáshoz, csillagászati munkához vagy mérnöki tervezéshez.

A használó kiválasztotta a megfelelő táblázatot, megkereste a bemenő adathoz tartozó sort és oszlopot, majd kiolvasta az eredményt. Ha a keresett érték két feltüntetett adat közé esett, szükség lehetett köztes érték becslésére, vagyis interpolációra.

A táblázat így korábban elvégzett számítások eredményét tette újra felhasználhatóvá. Egyetlen kötet sok ember hosszú munkáját sűríthette magába.

Ez azonban a hibák terjedését is lehetővé tette. Ha egy értéket rosszul számítottak ki, hibásan másoltak le vagy elrontottak a nyomdai szedés során, ugyanaz a tévedés sok későbbi számításba bekerülhetett.

A táblázatok hibái Charles Babbage figyelmét is felkeltették. Olyan gépet akart készíteni, amely bizonyos táblázatok értékeit mechanikusan állítja elő, és az eredmények nyomtatását is segíti. Ezzel nemcsak a számolási munkát, hanem a másolásból és szedésből eredő hibákat is csökkenteni kívánta. A különbséggép történetében erre még visszatérünk.

A matematikai táblázat fontos átmenetet képviselt: a számítás eredménye elszakadt az eredeti számoló embertől, és mások által használható, sokszorosítható tudássá vált.

3.8. Az ember mint „computer”

A *computer* szó eredetileg nem elektronikus gépet jelentett, hanem számolást végző embert. Olyan munkakör megnevezése volt, amelyben az eredményt még ember állította elő, papírral, táblázatokkal és különféle számolóeszközökkel.

A tudományos és műszaki intézményekben tömegesen keletkeztek feldolgozandó adatok. Csillagászati megfigyeléseket kellett kiértékelni, mérési eredményeket rendezni és hosszú műveletsorokat végrehajtani. A feladatokhoz férfiakat és nőket egyaránt alkalmaztak; egyes intézményekben később jelentős női számolócsoportok dolgoztak.

Egy nagyobb számítást részfeladatokra lehetett bontani. Az egyik munkatárs előkészítette az adatokat, a másik elvégezte a műveletek egy csoportját, a következő tovább számolt a részeredményekkel. Az ellenőrzéshez ugyanazt a feladatot egymástól függetlenül is elvégezhették.

A rendszer működéséhez nemcsak jó számolási készség kellett. Pontos utasításokra, áttekinthető feljegyzésekre és fegyelmezett adatátadásra is szükség volt. Egyetlen eltévesztett előjel vagy rossz helyre írt számjegy a későbbi eredményeket is megváltoztathatta.



Az emberi „computerek” a korai űrkutatásban is fontos szerepet játszottak. A Jet Propulsion Laboratory női számolói például pályákkal, indítási időpontokkal és üzemanyag-felhasználással kapcsolatos számításokon dolgoztak. Közülük többen később az elektronikus számítógépek programozásába is bekapcsolódtak.

A gépek megjelenése ezért nem jelentett teljes szakítást a korábbi munkával. A feladatok felbontása, a számítások megszervezése és az

ellenőrzés tapasztalata továbbra is értékes maradt. A végrehajtás egyre nagyobb részét vette át a gép, de valakinek meg kellett határoznia, mit és hogyan számoljon.

Ebben a fejezetben többféle megoldással találkoztunk ugyanarra a problémára: hogyan csökkenthető a számolás terhe? Az algoritmus rendet adott a lépéseknek. A papír megőrizte a részeredményeket. A Napier-csontok és a logarléc megkönnyítették a műveleteket. A táblázatok korábbi munka eredményét tették újra használhatóvá. A számolócsoportok pedig megosztották egymás között a feladatokat.

A következő kérdés szinte magától adódott: **ha a számolás pontos szabályok szerint végezhető, lehetne-e olyan szerkezetet építeni, amely a műveleteket is végrehajtja?**

A válaszhoz az órásmesterek, a fogaskerekek és a mechanikus számológépek világába vezet az út.

III. rész – A gép megtanul számolni

4. Fogaskerekek számolnak

„Amikor a számjegyeket fogaskerekekre bíztuk, a számolás először vált gépi folyamattá.”

Az abakuszon az ember számol.

Ő dönti el, melyik golyót kell elmozdítani, ő végzi el fejben a művelet lépéseit, és az eszköz csupán segít a számok ábrázolásában.

De mi történik, ha a művelet szabályait magába a szerkezetbe építjük?

Ha kilenc után a gép maga lépteti tovább a következő számjegyet?

Ha a tízes átvitelt már nem nekünk kell fejben elvégeznünk?

Ezzel valami alapvetően megváltozik.

A gép számolni kezd.

4.1. Az órásmesterség öröksége

A mechanikus számológép nem a semmiből született.

Mire az első ilyen szerkezetek megjelentek, Európában már évszázadok óta készítettek egyre bonyolultabb mechanikus órákat.

Az órásmesterek megtanulták, hogyan lehet fogaskerekekkel mozgást átvinni, fordulatszámot módosítani, egymást követő eseményeket mechanikusan összekapcsolni.

Egy óra tulajdonképpen már maga is egyfajta mechanikus számolóberendezés.

Hatvan másodperc után továbblép a percmutató.

Hatvan perc után az óramutató.

A szerkezet tehát **számolja az idő múlását.**

A számológéphez már „csak” azt kellett felismerni, hogy ugyanez az elv számokkal is működhet.

Ha egy kerék tíz helyzetet vehet fel, akkor ezek megfeleltethetők a 0–9 számjegyeknek. Amikor pedig a kerék a 9 után továbbfordul, egy fogaskerék a következő helyiérték kerekét egy pozícióval továbbmozdíthatja.

Megszületett a mechanikus tízes átvitel.

Mi köze az órának a számítógéphez?

Első pillantásra az óra és a számítógép két egészen különböző eszköz.

Pedig történetük mélyen összefügg.

A mechanikus óra megmutatta, hogy egy bonyolult folyamat fogaskerekekkel automatikusan végrehajtható. A szerkezet állapotai információt hordozhatnak, és az egyik állapotváltozás kiválthatja a következőt.

Az órások által tökéletesített fogaskerekek, tengelyek, kilincsművek és áttételek nélkül az első mechanikus számológépek aligha születhettek volna meg.

És a kapcsolat később sem tűnt el.

A mai számítógép működésének egyik alapvető eleme az **órajel**. Ez természetesen már nem mechanikus óra, hanem elektronikus jel, amely ütemet ad a digitális áramkörök működésének.

A fogaskerekes óra ketyegésétől a processzor gigahertzes órajeléig hosszú út vezet.

Az alapgondolat azonban ismerős: **a gép működésének ritmusa van.**

4.2. Wilhelm Schickard

A mechanikus számológépek történetét sokáig Blaise Pascallal kezdték.

Ma már tudjuk, hogy előtte is készült ilyen szerkezet.

Wilhelm Schickard német tudós 1623 körül egy olyan gépet tervezett, amely összeadást és kivonást mechanikusan segített elvégezni, és a szorzást Napier-pálcák elvével támogatta.

Schickard „számolóórának” nevezte szerkezetét.



Ez az elnevezés különösen találó: jól mutatja, mennyire közeli rokonságban állt az új találmány az óraszerkezetekkel.

A gép azonban nem terjedt el. Ismerete hosszú időre feledésbe merült, és csak évszázadokkal később rekonstruálták fennmaradt leírások és rajzok alapján.

Ezért az „első mechanikus számológép” címével óvatosan kell bánnunk.

A technikatörténetben az elsőség ritkán olyan egyszerű, mint amilyennek utólag szeretnénk látni.

4.3. Blaise Pascal és a Pascaline

1642-ben a mindössze tizenkilenc éves **Blaise Pascal** mechanikus számológépet kezdett tervezni.

Nem pusztán matematikai kíváncsiságból.

Apja adóügyi tisztviselő volt, akinek rengeteg számítást kellett végeznie. Pascal olyan gépet szeretett volna készíteni, amely megkönnyíti ezt a munkát.

Így született meg a **Pascaline**.



A gép forgatható kerekekkel működött, és egyik legfontosabb tulajdonsága az automatikus tízesátvitel volt.

Amikor az egyesek kereke 9-ről továbbfordult, a tízesek kereke egyet lépett.

Ami az ember számára fejben végzett művelet volt, az itt **mechanikai eseménnyé** vált.

Ez a számítástechnika történetének egyik alapvető gondolata:

egy matematikai szabály fizikai szerkezetté alakítható.

4.4. Leibniz számológépe

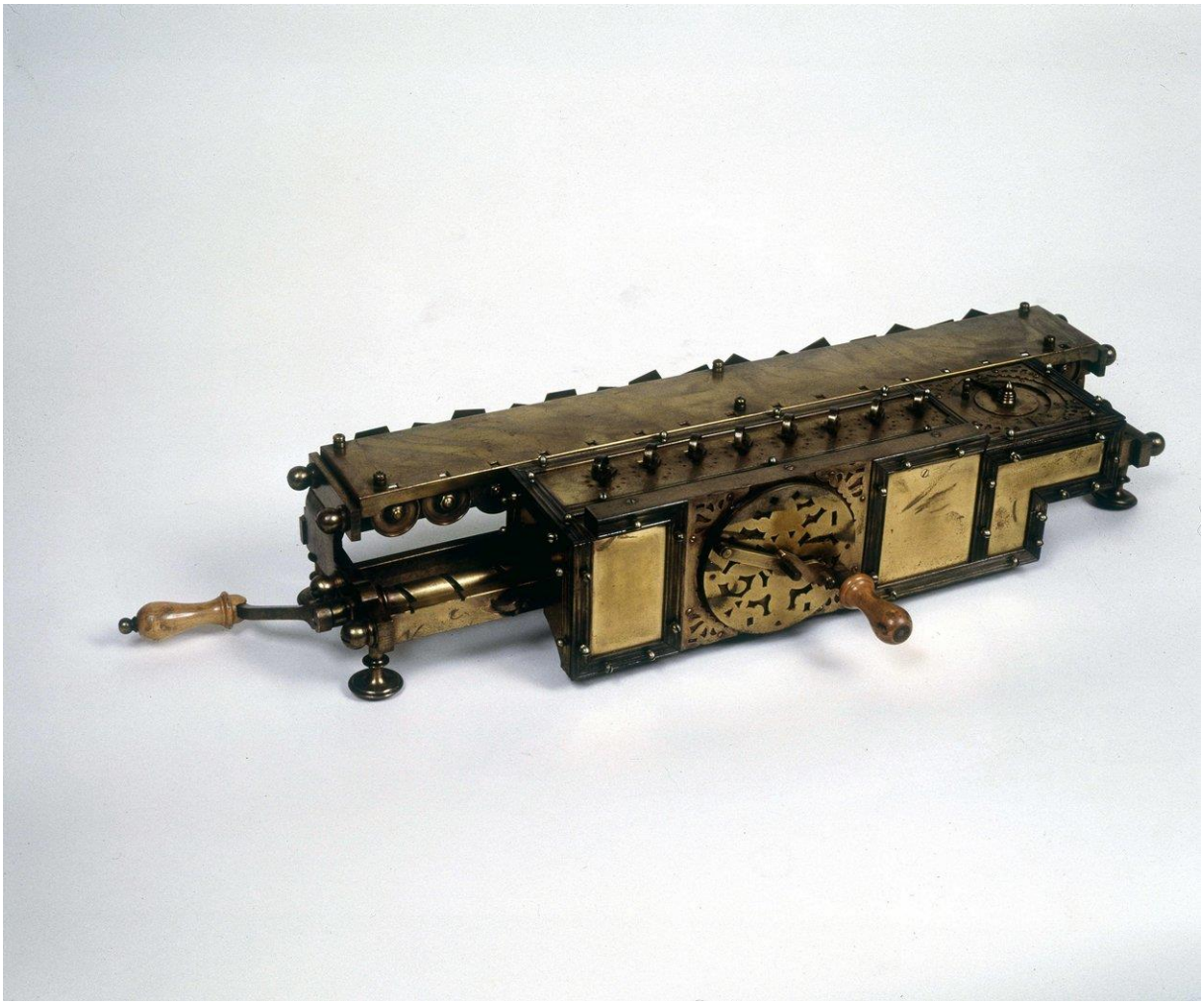
Pascal gépe elsősorban összeadásra és kivonásra volt alkalmas.

Gottfried Wilhelm Leibniz ennél többet akart.

Olyan gépet képzelt el, amely szorozni és osztani is képes.

Leibniz számára ez nem csupán technikai kérdés volt. Úgy gondolta, hogy az emberi gondolkodás bizonyos mechanikus, ismétlődő műveleteit nem érdemes emberrel végeztetni.

Ez meglepően modern gondolat.



A gép feladata éppen az legyen, hogy megszabadítsa az embert a monoton számolástól.

Leibniz számológépének legfontosabb technikai újítása a később róla elnevezett **lépcsős henger** volt.

4.5. A lépcsős henger

A lépcsős henger – *stepped drum* vagy Leibniz-kerék – különleges fogazású henger.

Különböző hosszúságú fogsorai lehetővé teszik, hogy a henger egy fordulata során a kapcsolódó fogaskerék meghatározott számú lépést tegyen.

Így a beállított számjegy mechanikusan meghatározza, mennyivel mozduljon tovább a számláló.

A szorzás pedig ismételt összeadásként végezhető el.

Ez első pillantásra egyszerű ötlet.

Hatása azonban óriási volt.

A lépcsős henger elve több mint két évszázadon át visszatért különböző mechanikus számológépekben.

A számológép lassan valódi gépipari termékké válhatott.

4.6. Thomas de Colmar arithmométere

Az első mechanikus számológépek különleges, egyedi szerkezetek voltak.

A 19. században azonban megjelent valami új:

a sorozatban gyártott számológép.



Charles Xavier Thomas de Colmar 1820-ban szabadalmaztatta **arithmométerét**, amely Leibniz lépcsős hengerének elvét használta.

A későbbi, továbbfejlesztett változatokat már kereskedelmi forgalomban gyártották.

Ez fontos fordulat.

A mechanikus számológép többé nem tudósok és feltalálók különleges játékszere.

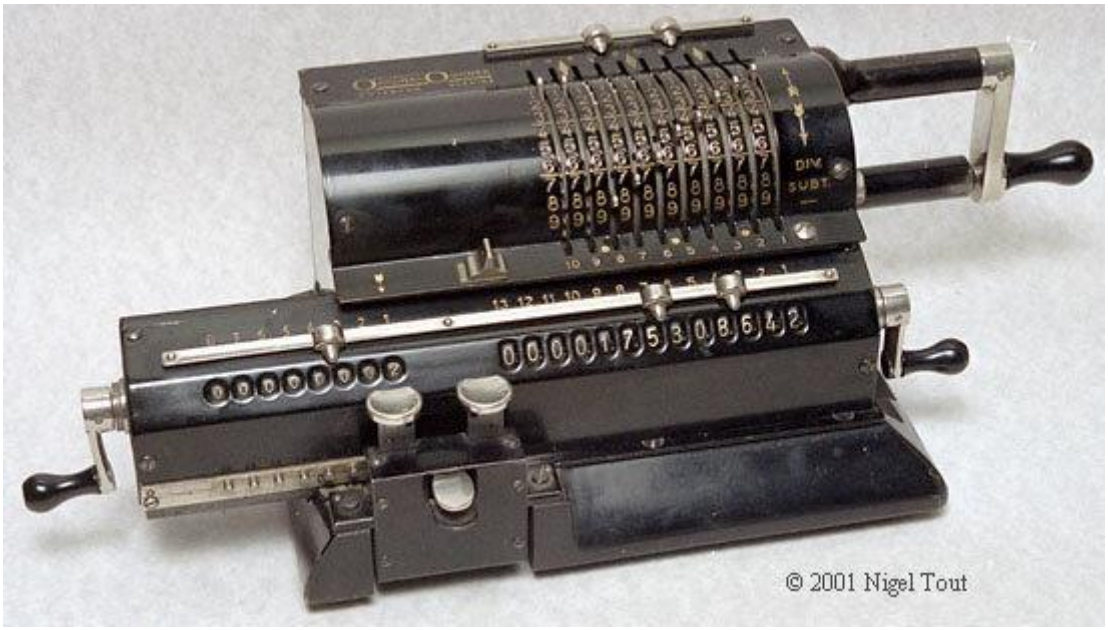
Belép az irodába.

Bankok, biztosítók, hivatalok és vállalatok kezdik használni.

A számolás gépesítése iparággá válik.

4.7. Odhner

A mechanikus számológépek másik nagy családját a **Willgodt T. Odhner** nevéhez kapcsolódó szerkezetek jelentik.



Odhner a lépcsős henger helyett egy kompaktabb megoldást, az úgynevezett **változtatható fogszámú kereket** alkalmazta.

A kerékből a beállított számnak megfelelő mennyiségű fog emelkedik ki.

Ezzel kisebb és egyszerűbben gyártható szerkezeteket lehetett készíteni.

Az Odhner-elv rendkívül sikeres lett.

Számos gyártó készített hasonló gépeket, és ezek leszármazottai még a 20. század második felében is ott álltak irodák asztalain.

A mechanikus számológép ekkorra már hétköznapi munkaeszköz.

4.8. Comptometer

A **Comptometer** más utat választott.

Dorr E. Felt az 1880-as években olyan billentyűs összeadógépet fejlesztett ki, amelyen minden helyiértékhez külön billentyűoszlop tartozott.

A kezelő közvetlenül beüthette a számokat.



Gyakorlott használó kezében a Comptometer rendkívül gyors volt.

És itt új jelenség jelenik meg.

A számológép kezelése **szakmává** válik.

Nagy irodákban külön alkalmazottak dolgoztak számológépeken. A gyors és pontos gépkezelés ugyanolyan speciális készség volt, mint később a gépírás vagy az adatbevitel.

Az ember és a gép egyre szorosabban dolgozik együtt.

4.9. Pénztárgépek

A kereskedelemben nemcsak számolni kellett.

Azt is tudni kellett, **mennyi pénz folyt be.**

A 19. század végén megjelenő mechanikus pénztárgépek ezért érdekes rokonságban állnak a számológépekkel.



Összegeztek, kijelezték az összeget, és közben rögzítették a tranzakciót.

A gép tehát már nem egyszerűen számol.

Ellenőriz is.

A pénztárgép története ezzel az adatfeldolgozás történetéhez is kapcsolódik.

A kereskedő számára nemcsak az volt fontos, hogy a vevő mennyit fizet, hanem az is, hogy a nap végén ellenőrizhető legyen a teljes forgalom.

A számológép lassan **információfeldolgozó géppé** kezd válni.

4.10. Mechanikus asztali számológépek

A 20. század első felében a mechanikus számológépek az irodák megszokott berendezési tárgyai lettek.

Facit, Brunsviga, Triumphator, Monroe, Marchant és számos más gyártó készített különféle gépeket.

Voltak kézi hajtókaros modellek, majd villanymotorral hajtott változatok is.

A működésük lenyűgöző látvány lehetett.

Fogaskerekek forogtak.

Számlálók léptek tovább.

Kocsik mozogtak oldalirányban.

A gép kattogott, csattogott, zörgött – és számolt.

Ezek a szerkezetek a mechanika fejlődésének csúcspontját jelentették.

Némelyikük több ezer alkatrészből állt, és rendkívüli pontossággal kellett elkészíteni.

Miközben azonban a mechanikus számológép egyre tökéletesebb lett, már megszületett a technológia, amely végül eltüntette az irodákból:

az elektronika.

Előtte azonban született még egy mechanikai remekmű.

4.11. Curt Herzstark és a Curta

Lehet-e egy teljes értékű mechanikus számológépet olyan kicsire építeni, hogy elférjen az ember tenyerében?

Curt Herzstark bebizonyította, hogy lehet.

Az osztrák mérnök terveiből a második világháború után született meg a **Curta.**

Külseje egészen különös.

Kicsi, henger alakú, tetején hajtókar található. Első pillantásra inkább borsőrlőre hasonlít, mint számológépre.

Belül azonban rendkívül finom mechanika dolgozik.

A számokat apró csúszkákkal állítjuk be, majd a hajtókar forgatásával végezzük el a műveleteket.

Összeadás.

Kivonás.

Szorzás.

Osztás.

Mindez elektromosság nélkül, egy kézben tartható szerkezettel.

Curt Herzstark és a Curta: egy számológép különös története

Kevés számológéphez kapcsolódik olyan különös emberi történet, mint a Curtához.

Curt Herzstark szinte beleszületett a számológépek világába. Apja, Samuel Herzstark Bécsben számológépekkel foglalkozott, majd a 20. század elején saját vállalkozást alapított. Curt gyermekkorától ismerte a mechanikus számológépeket: látta, hogyan készülnek, hogyan javítják és hogyan használják őket.

Fiatal mérnökként maga is a családi vállalkozásban dolgozott, és munkája során sokszor találkozott a korabeli számológépek legnagyobb hátrányával: **nagyok és nehezek voltak.**

Felmerült benne a kérdés:

Lehetne-e olyan mechanikus számológépet készíteni, amelyet az ember akár a zsebében is magával vihet?

A gondolat még a második világháború előtt megszületett. Herzstark egy henger alakú, rendkívül kompakt szerkezeten kezdett dolgozni, amely képes lett volna a négy alapművelet elvégzésére.

A történelem azonban közbeszólt.

A náci uralom alatt Herzstark helyzete egyre veszélyesebbé vált. 1943-ban letartóztatták, majd a buchenwaldi koncentrációs táborba deportálták. Mérnöki szaktudása miatt a táborhoz kapcsolódó Gustloff-üzemben dolgoztatták.

És itt folytatódott a kis számológép története.

Herzstark évtizedekkel később, 1987-ben adott hosszú interjújában maga mesélte el, hogy Buchenwaldban ismét előkerült a számológép terve. A tábor vezetői tudomást szereztek arról, hogy egy különleges, kisméretű számológépen dolgozott. A tervben lehetőséget láttak: egy sikeres találmányt a háború után akár ajándékként is bemutathattak volna Hitlernek.

Herzstark ezért engedélyt kapott arra, hogy szabadidejében tovább dolgozzon rajzain.

A helyzet hátborzongató ellentmondása nehezen kerülhető meg.

Egy koncentrációs tábor foglya olyan gépet tervezett, amelynek elkészülését fogvatartói azért támogatták, mert később a diktátornak akarták bemutatni.

Herzstark számára azonban a rajzok mást jelentettek.

A jövőt.

Ha túléli a tábort, lesz valami a kezében, amivel új életet kezdhet.

Amikor 1945-ben Buchenwald felszabadult, Herzstark már olyan részletes tervekkel rendelkezett, amelyek alapján hozzá lehetett kezdeni a gép elkészítéséhez.

A háború után végül Liechtensteinben kezdődött meg a számológép sorozatgyártása.

Megszületett a **Curta**.

A gép első pillantásra inkább egy kis borsőrlőre hasonlított, mint számológépre. A tetején hajtókar, oldalán apró beállítócsúszkák, belsejében pedig elképesztően finom mechanika dolgozott.



Nem kellett hozzá elektromos áram.

Nem volt benne elektronika.

Nem volt elektronikus kijelzője.

Mégis lehetett vele összeadni, kivonni, szorozni és osztani.

A Curta lényegében **három évszázad mechanikus számológép-fejlődését sűrítette egy tenyérnyi szerkezetbe**.

Mérnökök, földmérők és más műszaki szakemberek használták, és különösen népszerűvé vált az autóversenyzésben, ahol menet közben kellett gyors számításokat végezni.

A Curta azonban rossz pillanatban érte el a mechanikai tökéletességet.

Az 1960-as évek végén és az 1970-es évek elején megjelentek az elektronikus zsebszámológépek.

A fogaskerekek több évszázados története hirtelen versenybe került a tranzisztorral, majd az integrált áramkörrel.

Ezt a versenyt már nem nyerhette meg.

A Curta gyártása az 1970-es évek elején megszűnt.

Ma keresett gyűjtői darab és a finommechanika egyik csúcsteljesítménye. De ennél többet is őriz.

Egy olyan ember történetét, aki a 20. század egyik legsötétebb helyén sem hagyta abba a tervezést.

A Curta ezért nemcsak egy különleges számológép.

Emlékeztető arra is, hogy egy terv néha több lehet műszaki rajznál: a jövő ígérete.

A magyar fordítás: Interjú Curt Herzstarkkal – Számológép Blog. Az interjú eredetije a Charles Babbage Institute oral-history gyűjteményéből származik.

Ha egymás mellé tesszük Schickard számolóóráját, Pascal gépét, Leibniz lépcsős hengerét, Thomas arithmométerét, az Odhner-rendszerű gépeket és végül a Curtát, három évszázad mechanikai fejlődését látjuk.

A gépek egyre kisebbek lettek.

Gyorsabbak.

Megbízhatóbbak.

Olcsóbbak.

De alapvetően ugyanazt tették:

az ember által meghatározott matematikai szabályokat mechanikus mozgássá alakították.

És volt egy korlát, amelyet a fogaskerekekkel egyre nehezebb volt átlépni.

A mechanika tehetetlensége.

A súrlódás.

A kopás.

A sebesség.



A számolás további gyorsításához végül el kellett hagyni a fogaskerekeket.

A számok következő otthona már nem a mechanika, hanem az **elektromosság** lesz.

5. Automaták és programok

„A gép akkor változott meg igazán, amikor már nemcsak megépíteni lehetett, hanem utasítani is.”

Az előző fejezetben a gép „megtanult” számolni.

De csak azt tudta tenni, amire megépítették.

Egy összeadógép összeadott. Egy szorzógép szorzott. A működés szabályait fogaskerekek, tengelyek és kilincsművek testesítették meg. Ha más feladatot akartunk elvégeztetni, meg kellett változtatni a szerkezetet – vagy másik gépet kellett építeni.

A számítógéphez azonban még valami hiányzott.

A program.

Az a gondolat, hogy a gép működését ne kizárólag a szerkezete, hanem kívülről megadható utasítások sorozata határozza meg.

Ehhez azonban előbb meg kellett tanulnunk gépeket építeni, amelyek maguktól hajtanak végre műveletsorokat.

Megszülettek az **automaták**.

5.1. Az automaták ősei

Az ember nagyon régóta álmodik önmagától mozgó szerkezetekről.

Az ókori világban már készítettek olyan berendezéseket, amelyek víz, levegő, gőz vagy súlyok segítségével látszólag önállóan működtek.

Az alexandriai **Hérón** több olyan szerkezetet írt le, amelyet ma automatának neveznénk. Templomajtók nyílhattak ki látszólag maguktól, figurák mozoghattak, folyadék áramolhatott egyik edényből a másikba.

Ezek természetesen nem gondolkodtak.

De valami nagyon fontosat már tudtak:

egy előre meghatározott eseménysort emberi beavatkozás nélkül végrehajtani.

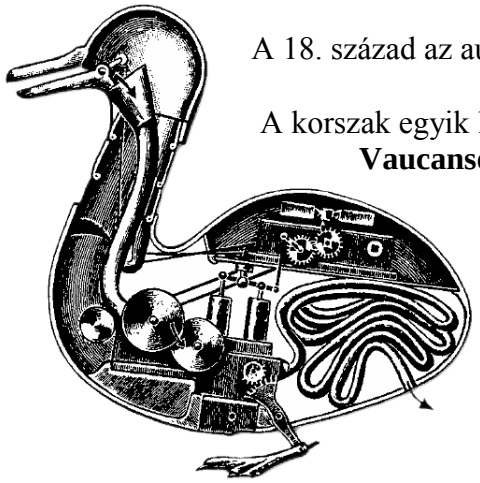
Ez az automata lényege.

A mechanikus órák fejlődésével az automaták is egyre bonyolultabbá váltak. Harangozó figurák, mozgó szobrok, zenélő szerkezetek jelentek meg.

A gép többé nem egyszerűen mozgott.

Mozdulatsort hajtott végre.

5.2. Jacques de Vaucanson



A 18. század az automaták aranykora volt.

A korszak egyik leghíresebb automataépítője a francia **Jacques de Vaucanson**.

1738-ban olyan mechanikus fuvolajátékost mutatott be, amely valóban levegőt fújt a hangszerbe, és mechanikusan mozgatta az ujjait.

Még híresebb lett mechanikus kacsája.

A kacsa mozgott, ivott, csipegetett, és a bemutató azt a látszatot keltette, hogy az emésztést is utánozza.

A közönség csodálta.

A szerkezet azért érdekes számunkra, mert Vaucanson nem egyszerű játékot akart készíteni.

Az élőlény működését próbálta **mechanikai folyamatokra bontani**.

Ez a gondolat később újra és újra visszatér: ha egy folyamat részekre és szabályokra bontható, talán géppel is utánozható.

5.3. Kempelen Farkas

1769-ben Mária Terézia udvarában egy magyar feltaláló, **Kempelen Farkas** különös szerkezetet mutatott be.

Egy turbános figura ült egy sakktábla mögött.

A gép sakkozott.

És gyakran nyert.

A szerkezetet később **Töröknek** nevezték, és Európa, majd Amerika egyik leghíresebb technikai látványosságává vált.

Játszott uralkodók, hírességek és kiváló sakkozók ellen.

A közönséget ugyanaz a kérdés izgatta:

Hogyan képes egy gép gondolkodni?

A válasz egyszerű volt. Sehogy. A szerkezet belsejében egy ember rejtőzött.

De a történet ettől még nem válik érdektelenné. Éppen ellenkezőleg.

Kempelen sakkozógépe: zseniális csalás, valódi technikatörténet

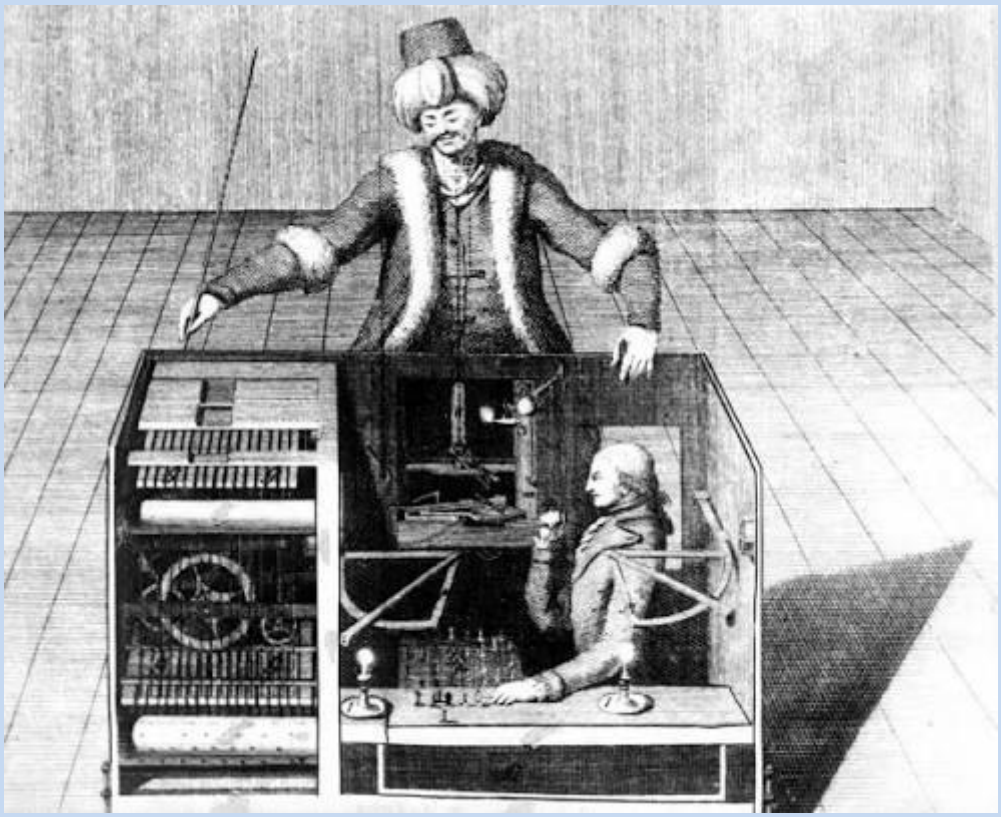
A Török nem volt mesterséges intelligencia.

Nem is volt valódi sakkozógép.

Mai szóval talán azt mondanánk: **nagyszerű technológiai illúzió volt.**

Kempelen úgy alakította ki a szekrény belsejét, hogy amikor ajtóit kinyitotta a közönség előtt, fogaskerekek és mechanikus alkatrészek váltak láthatóvá, miközben a bent rejtőző sakkozó helyet tudott változtatni.

A kezelő mágneses vagy mechanikus jelzések segítségével követhette a táblán végzett lépéseket, és belülről irányíthatta a figura karját.



A csalás azonban egy valódi kérdést vetett fel:

Lehetséges lenne olyan gépet építeni, amely tényleg sakkozik?

A válaszra csaknem két évszázadot kellett várni.

A 20. században megszülettek a sakkprogramok.

1997-ben az IBM Deep Blue legyőzte Garri Kaszparov sakkvilágbajnokot.

A 21. században pedig a gépek már messze túlszárnyalják az emberi játékosokat.

Kempelen Törökje tehát nem gondolkodott.

De arra késztette az embereket, hogy elgondolkodjanak azon:

gondolkodhat-e valaha egy gép?

5.4. Jacquard és a lyukkártyás szövőszék

A programozás történetének egyik legfontosabb lépése meglepő helyen történt.

Nem egy matematikai laboratóriumban.

Hanem egy **szövőműhelyben.**

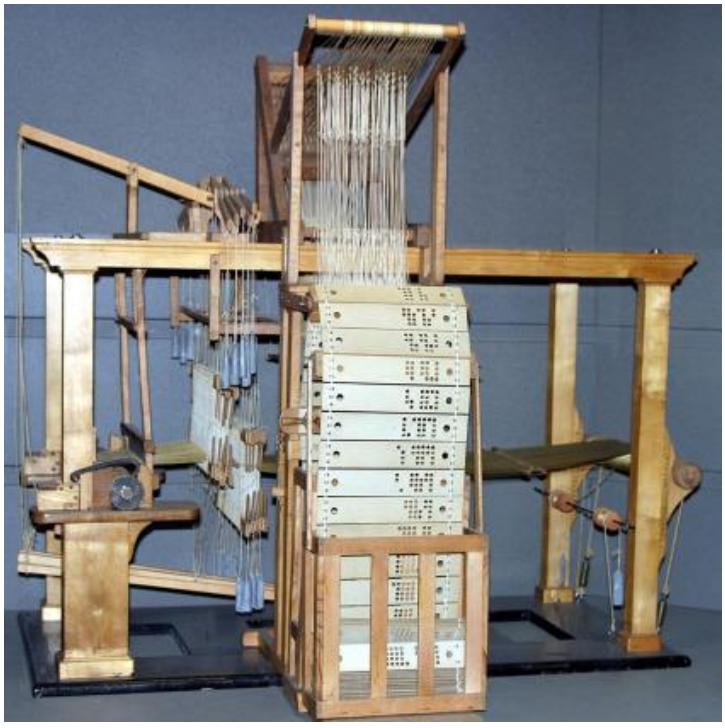
Joseph Marie Jacquard a 19. század elején olyan szövőszéket fejlesztett ki, amelynek működését összekapcsolt lyukkártyák vezérelték.

A kártyákon lévő lyukak meghatározták, mely fonalak emelkedjenek fel.

A kártyák sorozata pedig meghatározta a készülő mintát.

A lényeg nem maga a lyukkártya volt.

Hanem az, amit jelentett.



A gép működését információ irányította.

Ha más kártyasorozatot helyeztek a gépbe, ugyanaz a szövőszék más mintát készített.

Nem kellett átépíteni a gépet.

Csak az utasításokat kellett kicserélni.

Ez már nagyon közel áll ahhoz, amit ma programnak nevezünk.

A szövet mintája valójában **adatként kódolva** volt a kártyákon.

Lyuk.

Nincs lyuk.

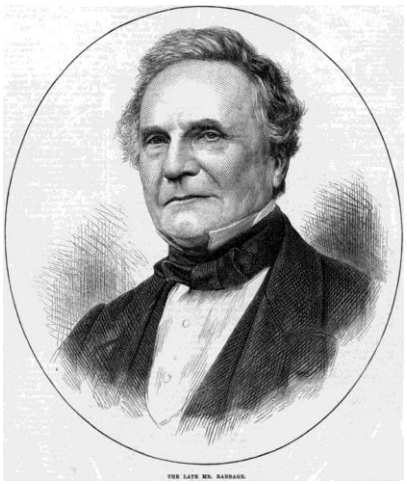
Két állapot.

Igen vagy nem.

Végrehajtani vagy nem végrehajtani.

Még nem 0 és 1 – de a gondolat ismerős.

5.5. Charles Babbage



Charles Babbage angol matematikust bosszantották a számítási hibák.

A 19. században a hajózásban, csillagászatban, mérnöki munkában és pénzügyekben rengeteg matematikai táblázatot használtak.

Ezeket emberek számolták ki.

Az emberek pedig hibáznak.

Babbage állítólag egy hibás táblázat láttán fogalmazta meg a gondolatot:

„Bárcsak gőzzel számolnák ezeket!”

A mondat jól összefoglalja korának gondolkodását.

Ha a gőzgép képes gyárakat hajtani, miért ne lehetne a számolást is gépesíteni?

Babbage először egy különleges számológépet tervezett.

A **Difference Engine-t**.

5.6. Difference Engine

A Difference Engine – differenciagép – matematikai táblázatok automatikus előállítására készült.

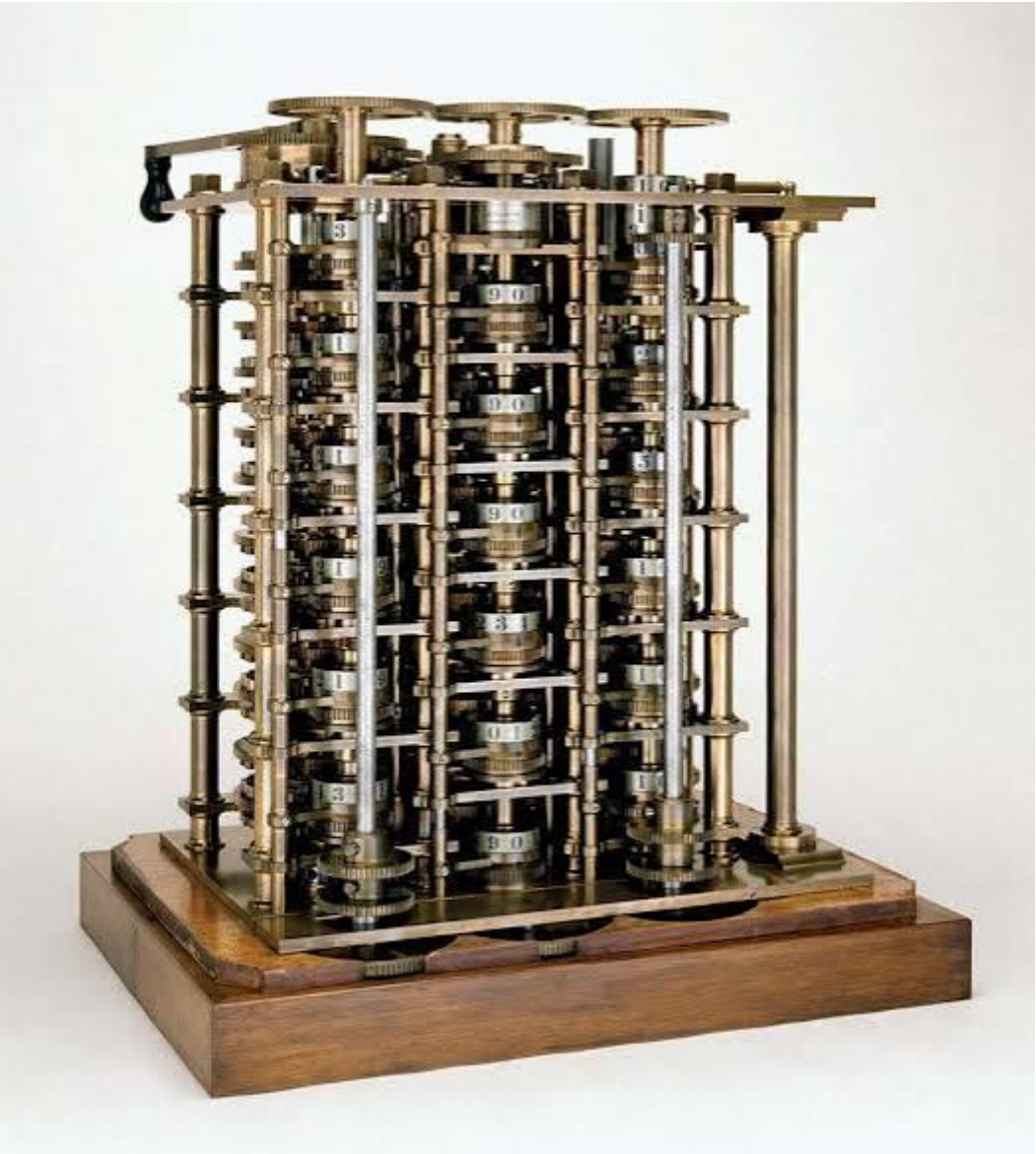
Babbage felismerte, hogy bizonyos függvények értékei véges differenciák segítségével egyszerű összeadások sorozatára vezethetők vissza.

Ez gépészeti szempontból óriási előny.

Nem kell bonyolult műveleteket mechanikusan végrehajtani.

Elég megbízhatóan összeadni.

A gép fogaskerekekből és tengelyekből állt volna, és automatikusan számolta volna ki a táblázatok értékeit.



Sőt Babbage azt is tervezte, hogy a gép az eredményeket közvetlenül nyomtatásra alkalmas formában adja ki.

Ezzel egy teljes hibaforrást kiiktathatott volna: az emberi másolást.

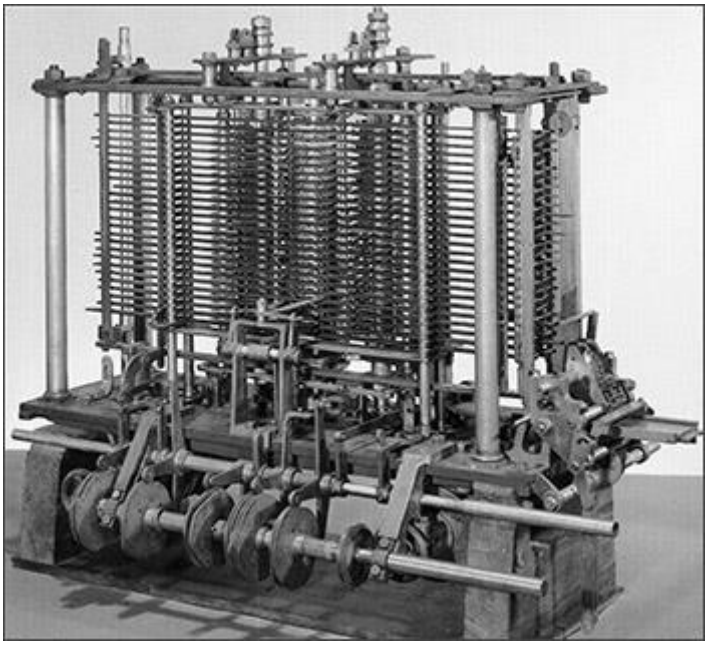
A Difference Engine azonban még mindig **egy meghatározott feladatra készült gép** volt.

Babbage következő terve ennél sokkal messzebbre vezetett.

5.7. Analytical Engine

Az **Analytical Engine**, az analitikai gép már nem egyszerű számológép lett volna.

Mai szemmel nézve meghökkentően sok olyan elemet tartalmazott, amelyet a modern számítógépekben is felismerünk.



Babbage külön egységet tervezett a számok tárolására.

Ezt **store-nak**, raktárnak nevezte.

Külön egység végezte volna a műveleteket.

Ennek neve **mill**, malom volt.

Mai fogalmainkkal:

store → memória

mill → központi feldolgozóegység

A gép működését lyukkártyák irányították volna, részben a Jacquard-szövőszék példáját követve.

A kártyák határozták volna meg a műveleteket és az adatokat.

A gép képes lett volna műveletsorok végrehajtására, ismétlésekre, és a számítás eredményétől függő működésre is.

Itt történik meg az igazi fordulat.

A gép többé nem egyetlen feladatra készül.

A feladatot a program határozza meg.

Ez már az általános célú számítógép alapgondolata.

Csakhogy Babbage gépe mechanikus lett volna.

Több ezer precíziós alkatrészből.

A kor technológiája pedig nehezen tudta követni Babbage elképzeléseit.

Az Analytical Engine teljes egészében sohasem épült meg.

A gondolat azonban megszületett.

És néha egy gondolat fontosabb, mint egy elkészült gép.

5.8. Ada Lovelace

Babbage terveinek jelentőségét különösen jól felismerte **Ada Lovelace**.

Ada nem egyszerűen Babbage munkatársa vagy csodálója volt.

Luigi Federico Menabrea olasz mérnök Babbage gépéről szóló francia nyelvű tanulmányát angolra fordította, majd saját jegyzeteivel egészítette ki.

A jegyzetek végül hosszabbak lettek, mint maga az eredeti tanulmány.

Az egyikben részletes eljárást írt le arra, hogyan lehetne az Analytical Engine segítségével **Bernoulli-számokat** kiszámítani.

Ezt az eljárást gyakran a történelem első publikált számítógépes programjának tekintik.

De Ada gondolkodásának talán még érdekesebb része az volt, hogy felismerte:

a gép nem feltétlenül csak számokkal foglalkozhat.

Ha valamit megfelelő szabályok szerint szimbólumokkal lehet reprezentálni, akkor a gép elvileg azokkal a szimbólumokkal is műveleteket végezhet.

Még zene, gépi kezelésének lehetőségét is felvetette.

Ez a 19. század közepén egészen rendkívüli gondolat.

A számológép horizontján feltűnik az **információfeldolgozó gép.**

Ada Lovelace: az első programozó?



Ada Lovelace-et gyakran nevezik **a világ első programozójának.**

De jogos-e ez a cím?

A válasz attól függ, mit nevezünk programnak és programozónak.

Babbage maga is készített különféle számítási terveket gépéhez, és az Analytical Engine sohasem készült el teljes formájában, így Ada algoritmusa sem futott rajta úgy, ahogy ma egy programot futtatunk.

Ada 1843-ban publikált jegyzeteiben azonban részletes, lépésekre bontott eljárást közölt Bernoulli-számok gépi kiszámítására.

Ezért az „első programozó” elnevezésnek van alapja – de nem vitathatatlan történelmi tény.

Talán fontosabb is annál, hogy ki volt az első.

Ada Lovelace felismerte Babbage gépének egyik legmélyebb következményét:

a gép lehetőségei nem feltétlenül korlátozódnak a számtani műveletekre.

Ha a zene hangjai, a betűk vagy más információk formális jelekké alakíthatók, akkor elvileg azok is feldolgozhatók.

A modern számítógép pontosan ezt teszi.

Számokat kezel.

Szöveget.

Képet.

Zenét.

Filmet.

És mindegyiket ugyanazzal az alapvető géppel.

Ada igazi jelentősége talán nem abban áll, hogy ő írta-e „az első programot”.

Hanem abban, hogy **meglátta a számológépben a számítógépet.**

5.9. A program fogalmának megszületése

Álljunk meg egy pillanatra.

Mi történt ebben a fejezetben?

Vaucanson automatái előre meghatározott mozdulatsort hajtottak végre.

Kempelen gépe elhitette a közönséggel, hogy egy szerkezet akár gondolkodhat is.

Jacquard lyukkártyái kívülről meghatározták, mit csináljon a szövőszék.

Babbage felismerte, hogy ugyanezt az elvet számológépre is alkalmazhatjuk.

Ada Lovelace pedig meglátta, hogy az ilyen gép lehetőségei messze túlmutathatnak a számoláson.

Ezekből lassan összeáll egy új fogalom:

a program.

A program nem maga a gép.

Nem is az adat, amelyet feldolgozunk.

A program **utasítások rendezett sorozata**, amely megmondja a gépnek, mit tegyen az adatokkal.

Ez a különválasztás a számítástechnika egyik legnagyobb gondolati ugrása.

Gép + program + adat

Három különböző dolog.

Ugyanaz a gép ma levelet ír.

Holnap zenét játszik.

Azután képet szerkeszt.

Majd egyenletet old meg.

A hardver nem változott.

Csak a program.

És ennek a gondolatnak az egyik első nagy előképe nem egy számítógépes laboratóriumban született.

Hanem egy szövőszéken.

A lyukkártya útja pedig itt még korántsem ért véget.

A következő évszázadban újra felbukkan.

Előbb népszámlálási adatok között.

Később számítógéptermekben.

És végül emberek milliói viszik majd magukkal kis kartondobozokban a programjaikat.

A szövőszék kártyája a számítógép egyik első programhordozójává válik.



6. A lyukkártya meghódítja az adatfeldolgozást

„A gépek először számokat számoltak. Aztán megtanulták megszámolni az emberekről szóló adatokat is.”

A lyukkártya különös utat járt be.

Jacquard szövőszékén még azt mondta meg a gépnek, melyik fonalat emelje fel. Babbage már egy számológép működését akarta vele irányítani.

A 19. század végén azonban új szerepet kapott.

Nem a gépet vezérelte.

Adatot tárolt.

Ezzel a lyukkártya története összekapcsolódott egy egészen más problémával: hogyan lehet hatalmas mennyiségű információt gyorsan feldolgozni?

6.1. Herman Hollerith

Herman Hollerith amerikai mérnök az 1880-as években az Egyesült Államok Népszámlálási Hivatalával kapcsolatban dolgozott.

A probléma, amellyel találkozott, nem matematikai volt.

Hanem információs.

Az Egyesült Államok lakossága gyorsan növekedett. A népszámlálások során egyre több emberről egyre több adatot gyűjtöttek össze.

Nemcsak azt kellett tudni, hányan élnek az országban.

Életkor.

Nem.

Családi állapot.

Születési hely.

Foglalkozás.

És számos más adat.

A kérdés már nem az volt:

Hogyan számoljunk gyorsabban?

Hanem:

Hogyan dolgozzunk fel gyorsabban rengeteg adatot?

Hollerith felismerte, hogy az információkat géppel olvasható formában kell rögzíteni.

Ehhez a lyukkártyát választotta.

6.2. Az 1890-es amerikai népszámlálás

Az Egyesült Államok alkotmánya tízévenként népszámlálást ír elő.

Ez kezdetben kezelhető feladat volt.

Az ország azonban gyorsan növekedett.

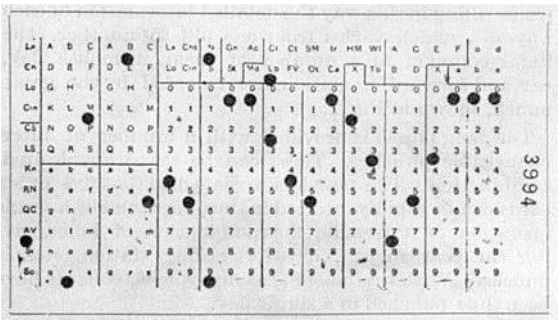
Az 1880-as népszámlálás adatainak feldolgozása évekig tartott. Attól lehetett tartani, hogy a következő népszámlálás feldolgozása már olyan hosszú lesz, hogy mire elkészülnek vele, szinte kezdődhet a következő.

Hollerith rendszere az 1890-es népszámlálásnál kapott nagy szerepet.

Minden személy adatait egy kártyán rögzítették.

A kártya meghatározott helyei különböző tulajdonságokat jelentettek. A megfelelő helyen készített lyuk jelezhette például az illető nemét, életkorát vagy családi állapotát.

Az emberi tulajdonság **lyukká változott egy kartonlapon**.



Ez első pillantásra jelentéktelennek tűnhet.

Valójában óriási változás volt.

Az információ olyan formát kapott, amelyet már nemcsak ember, hanem **gép is képes volt érzékelni**.

1890: amikor Amerika már nem győzte kézzel számolni önmagát

1790-ben tartották az Egyesült Államok első népszámlálását. Az ország lakossága akkor még kevesebb mint négymillió fő volt.

Száz évvel később egészen más feladat várt a népszámlálókra.

Az 1890-es összeírás végül több mint **62 millió lakost** talált.

Ráadásul már nem csupán az emberek számát akarták tudni. A modern állam egyre részletesebb képet kívánt saját társadalmáról: életkorról, nemről, családi állapotról, születési helyről, foglalkozásról és számos más jellemzőről gyűjtöttek adatokat.

A korábbi módszerekkel mindezt embereknek kellett összesíteniük.

Az 1880-as népszámlálás tapasztalata megmutatta, hogy a hagyományos kézi feldolgozás egy gyorsan növekvő országban egyre nehezebben tartható.

A probléma különös volt.

Nem kevés információ állt rendelkezésre, hanem túl sok.

Herman Hollerith erre adott gépi választ.

Az összeírásból származó adatokat lyukkártyákra vitték át. A kártya meghatározott helyein lévő lyukak különféle tulajdonságokat jelöltek. Hollerith elektromos tabulátorai ezeket érzékelték, és mechanikus számlálók segítségével összesítették az adatokat.

A rendszer nagy előnye nem egyszerűen az volt, hogy gyorsabban számolt.

Ugyanazokat az adatokat **különböző szempontok szerint újra és újra fel lehetett dolgozni**.

Hány ember tartozik egy adott korcsoportba?

Közülük hány férfi és hány nő?

Milyen foglalkozásúak?

Hol születtek?

A lyukkártyákból különféle statisztikai összefüggéseket lehetett kinyerni.

Az 1890-es népszámlálás ezzel a gépi adatfeldolgozás történetének egyik nagy mérföldkövévé vált.

És volt egy további, váratlan következménye is.

Hollerith felismerte, hogy módszerére nemcsak tízévente egyszer, a népszámláláskor lehet szükség. Bankoknak, biztosítóknak, vasutaknak és nagyvállalatoknak ugyanez volt a problémájuk:

egyre több adatot kellett kezelniük.

1896-ban megalapította a Tabulating Machine Companyt.

A vállalat később más cégekkel egyesült, majd 1924-ben új nevet kapott:

International Business Machines – IBM.

Így vezet egy meglepően egyenes történeti út

az 1890-es amerikai népszámlálástól az IBM-ig.

A számítástechnika történetének egyik legnagyobb vállalata tehát nem számítógéppel kezdte pályafutását.

Hanem azzal a problémával, amely ma is a digitális világ egyik legfontosabb kérdése:

mit kezdjünk a rengeteg adattal?

6.3. Lyukkártyás tabulátorok

Hollerith rendszerében a kártyákat elektromos érintkezők segítségével olvasták.

Ahol lyuk volt, létrejöhetett az elektromos kapcsolat.

Ahol nem volt lyuk, nem történt semmi.

A gép számlálói ennek megfelelően léptek tovább.

A módszerrel különböző szempontok szerint lehetett összesíteni az adatokat.

Hány férfi?

Hány nő?

Hány ember tartozik egy adott korcsoportba?

Hányan születtek egy adott helyen?

A gép tehát nem egyszerűen számolt.

Osztályozott, összesített és adatokat dolgozott fel.

Ez lényeges különbség.

A mechanikus számológépbe számokat adtunk be, és számot kaptunk eredményül.

Hollerith gépében viszont az adat jelenthetett egy emberi tulajdonságot is.

A gépi adatfeldolgozás megszületett.

6.4. CTR-ből IBM

Hollerith felismerte találmánya üzleti lehetőségét is.

1896-ban megalapította a **Tabulating Machine Companyt**, amely lyukkártyás adatfeldolgozó gépeket gyártott és adott bérbe.

A vállalat később más cégekkel egyesült, és 1911-ben létrejött a **Computing-Tabulating-Recording Company**, röviden CTR.

1924-ben a vállalat új nevet kapott:

International Business Machines Corporation.

Vagyis: **IBM.**

Az elnevezés sokatmondó.

Nem International Computer Machines.

Hanem **Business Machines**.

Üzleti gépek. Az IBM története ugyanis jóval a modern elektronikus számítógép előtt kezdődött. A vállalat egyik legfontosabb üzletága évtizedeken át a lyukkártyás adatfeldolgozás volt.

Bankok.

Biztosítók.

Vasúttársaságok.

Állami hivatalok.

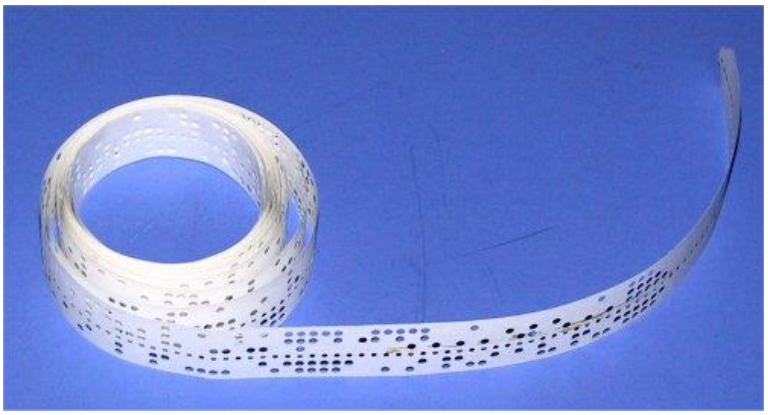
Nagyvállalatok.

Egyre több szervezet fedezte fel, hogy a növekvő mennyiségű adatot gépek nélkül már alig lehet kezelni.

Az információfeldolgozás iparággá vált.

6.5. Lyukkártya és lyukszalag

A lyukkártya mellett egy másik, hasonló elven működő adathordozó is hosszú pályát futott be:



a **lyukszalag**.

A különbség egyszerű.

A lyukkártya különálló lapokból áll.

A lyukszalag hosszú papírcsík.

Mindkettőnél a lyukak helyzete hordozza az információt.

A lyukszalagot már korán alkalmazták különféle automatikus berendezésekben, majd a távírótechnikában is fontos szerepet kapott. Később számítógépek adatainak és programjainak tárolására is használták.

Miért szerette a távíró a lyukszalagot?

A 19. századi távíró egyik legdrágább része nem maga a papír vagy a távírógép volt, hanem **a távíróvonal és annak ideje**.

Ha egy kezelő közvetlenül a vonalra kapcsolt távírón adta le az üzenetet, akkor a vezeték mindaddig foglalt volt, amíg ő emberi sebességgel bebillentyűzte vagy lekopogta a szöveget. Ez különösen a nagy forgalmú és nagy távolságú összeköttetéseknél jelentett problémát.

Adódott tehát egy egyszerű ötlet: **válasszuk külön az üzenet elkészítését és továbbítását.**

Az üzenetet először lyukszalagra rögzítették. Ezt a munkát a távíróvonaltól függetlenül lehetett elvégezni. Amikor a szalag elkészült és a vonal szabaddá vált, egy automatikus adó nagy sebességgel végigolvasta, és továbbította az üzenetet.

A kezelő tehát lassabban dolgozhatott, mint maga a távíróvonal.

A drága vonalidőt nem az ember, hanem a gép sebessége határozta meg.

Ennek további előnye is volt. Több üzenetet előre el lehetett készíteni, sorba lehetett állítani, majd egymás után gyorsan továbbítani. A lyukszalag ráadásul megőrizte az üzenetet, így szükség esetén ugyanazt a szöveget ismét el lehetett küldeni.

A gondolat meglepően modern: **előbb tároljuk az információt, majd akkor és olyan sebességgel továbbítjuk, amikor a kommunikációs csatorna rendelkezésre áll.**

A lyukszalag ezért nem egyszerűen új adathordozó volt. Segítségével **jobban ki lehetett használni a drága kommunikációs hálózat kapacitását.**

Ugyanezzel az alapvető problémával találkozunk ma is. A kommunikációs csatorna kapacitása véges, ezért az adatokat puffereljük, tömörítjük, sorba állítjuk és csak azután továbbítjuk.

A technika megváltozott.

A vonalidő gazdaságtana nem.

Ebbe még egy történeti nevet is érdemes lenne beilleszteni: **Alexander Bain** már az 1840-es években lyukasztott papírszalagot alkalmazott automatikus távírójához, később pedig a **Wheatstone-féle automatikus távíró** tette különösen szemléletessé az elvet: az üzenetet előre perforálták, majd gépi sebességgel továbbították.

A két hordozónak eltérő előnyei voltak.

A kártyákat könnyű volt külön kezelni, rendezni, cserélni.

A szalag viszont folyamatos adatsort biztosított.

Mindkettő ugyanarra az alapelvre épült:

van lyuk – nincs lyuk.

Két állapot.

Ez a gondolat újra ismerős.

A digitális technika alapja ugyancsak az, hogy jól megkülönböztethető állapotokat rendelünk információkhoz.

6.6. A lyukkártya hosszú uralma

A lyukkártya meglepően sokáig fennmaradt.

Túlélte Hollerith tabulátorait. Túlélte az első elektromechanikus számológépeket. És amikor megjelentek az elektronikus számítógépek, nem tűnt el.

Beköltözött a számítógépterembe.

Az 1950-es, 1960-as, sőt még az 1970-es években is gyakori volt, hogy programokat és adatokat lyukkártyákon vittek be a számítógépbe.

Egy program nem egy fájl volt a képernyőn, hanem egy köteg kartonlap.

Egyetlen kártya egy programsort vagy annak egy részét tartalmazhatta.

A programozó elkészítette a kártyacsomagot, beadta a számítóközpontba, majd várta az eredményt.

Ha hibát vétett, javította a megfelelő kártyát – és újra beadta a csomagot.

És volt egy különösen kellemetlen baleset.

Leejteni a kártyaköteget.

Ha a lapok sorrendje összekeveredett, a program is összekeveredhetett.

Ezért a kártyákra gyakran sorszámot is lyukasztottak vagy nyomtattak.

A lyukkártya így különös hidat alkotott két korszak között.

Jacquard még szövetmintát készített vele.

Hollerith emberek adatait rögzítette rajta.

Az IBM üzleti információkat dolgozott fel vele.

A programozók pedig számítógépes programokat vittek rajta a géphez.

Ugyanaz az alapötlet közel két évszázadon át újra és újra használhatónak bizonyult.

Amikor az adat fontosabb lett a számolásnál

A számítástechnika történetét könnyű úgy elképzelni, mint egyre gyorsabb számológépek történetét.

Pedig Hollerith gépe valami sokkal fontosabb változást jelez.

A népszámlálásnál nem az volt a fő probléma, hogy az emberek nem tudtak elég gyorsan összeadni.

A probléma az volt, hogy **túl sok adat keletkezett.**

Milliók adatait kellett tárolni, csoportosítani, rendezni és összesíteni.

A szám tehát már nem feltétlenül mennyiséget jelentett. Lehetett **kód** is.

Egy lyuk jelenthette azt, hogy valaki férfi vagy nő, házas vagy egyedülálló, valamely korcsoporthoz vagy foglalkozáshoz tartozik.

A gép már nem pusztán matematikai műveletet végzett.

Információt dolgozott fel.

Ez a különbség alapvető.

A mai számítógépek idejük jelentős részében ugyancsak nem hagyományos értelemben vett matematikai feladatokat oldanak meg.

Amikor levelet írunk, fényképet nézünk, zenét hallgatunk, adatbázisban keresünk vagy internetes oldalt olvasunk, a gép természetesen számításokat végez a háttérben – de számunkra az eredmény már nem szám.

Hanem információ.

Hollerith tabulátorainál ezért valami új kezdődött: **a számológép története lassan az adatfeldolgozás történetévé vált.**

A népszámlálás, amelynek adatai majdnem eltűntek

Az 1890-es amerikai népszámlálás a modern adatfeldolgozás egyik nagy sikertörténete volt.

Herman Hollerith lyukkártyás gépei bebizonyították, hogy emberek tízmillióinak adatait gépek segítségével lehet rendszerezni és statisztikailag feldolgozni.

A történetnek azonban van egy különös utóélete.

Az eredeti népszámlálási ívek szinte teljesen elvesztek.

1921 januárjában tűz ütött ki Washingtonban abban az épületben, ahol a Census Bureau iratanyagának egy részét tárolták. A tűz és főként az oltáshoz használt nagy mennyiségű víz súlyosan megrongálta az 1890-es népszámlálás fennmaradt dokumentumait.

A történet azonban nem ért véget a tűzzel.

A károsodott iratok egy része még évekig megmaradt, de akkoriban nem létezett a mai értelemben vett egységes levéltári rendszer az amerikai szövetségi dokumentumok megőrzésére. A National Archives csak 1934-ben jött létre.

Az 1890-es népszámlálás megmaradt iratainak jelentős részét végül selejtezésre jelölték, és később megsemmisítették.

Csak töredékek maradtak fenn.

A történetben van valami különös irónia.

Az emberiség egyik első nagy gépi adatfeldolgozási vállalkozása sikeresen feldolgozta az adatokat – de nem tudta megőrizni őket az utókornak.

A statisztikai eredmények fennmaradtak.

Tudjuk, hogy az Egyesült Államok lakossága 1890-ben **62 979 766 fő** volt.

De ha ma valaki azt szeretné megtudni, pontosan mit jegyeztek fel 1890-ben valamelyik őséről, az esetek túlnyomó többségében már nem találja meg az eredeti népszámlálási lapot.

Ez fontos különbség: **az információ feldolgozása és az információ megőrzése két külön feladat.**

A digitális korban hajlamosak vagyunk azt hinni, hogy amit egyszer adatként rögzítettünk, az már meg is marad.

Pedig egy merevlemez meghibásodhat.

Egy fájlformátum elavulhat.

Egy szolgáltatás megszűnhet.

Egy adatbázis törlődhet.

Egy adathordozó olvashatatlanná válhat.

A technológia változott.

A probléma nem.

Az adat csak akkor marad fenn, ha valaki gondoskodik a megőrzéséről.

A lyukkártya tehát két nagy ötletet kapcsolt össze.

Jacquard megmutatta, hogy **információval vezérelhetünk egy gépet**.

Hollerith pedig megmutatta, hogy **a géppel információt dolgozhatunk fel.**

A kettő együtt már nagyon közel visz a modern számítógéphez.

De még mindig hiányzik valami.

A lyukkártyás gépek működését mechanikus és elektromechanikus alkatrészek korlátozták.

A következő nagy ugráshoz a számolást és az adatfeldolgozást fel kellett gyorsítani.

Ehhez pedig a fogaskerekeknél gyorsabb valamire volt szükség.

Az elektromosságra.

IV. rész – Más úton is lehet számolni

7. Analóg számítógépek

„Nem minden számítógép számol számokkal. Van, amelyik a valóságot egy másik valósággal modellezi.”



Ha azt mondjuk: számítógép, szinte mindenkinek digitális gép jut eszébe.

Nullák és egyesek.

Bitek és bájtok.

Processzorok és memóriák.

Pedig a számítógépek történetének volt egy másik nagy ága is.

Az **analóg számítógép**.

Ezek a gépek egészen másképpen közelítették meg a számítás problémáját.

Nem feltétlenül számjegyekkel ábrázolták a mennyiségeket.

Egy számot jelenthetett egy tengely elfordulása.

Egy tárcsa helyzete.

Egy elektromos feszültség.

Egy áram erőssége.

Vagy akár egy folyadék szintje.

A számítás pedig nem számjegyekkel végzett műveletsor volt.

Egy fizikai folyamat modellezett egy másik folyamatot.

7.1. Mi az analóg számítás?

Képzeljük el, hogy egy autó sebességét akarjuk megadni.

Digitálisan ezt mondhatjuk: **83 km/h.**

Egy hagyományos mutatós sebességmérő azonban mást tesz.

A mutató helyzete képviseli a sebességet.

Nem számjegyek sorozatával írja le a mennyiséget, hanem egy **folytonosan változó fizikai állapottal**.

Ez az analóg ábrázolás lényege. Az „analóg” szó is hasonlóságra, megfelelésre utal.

A gépben lévő mennyiség **analógja** annak a mennyiségnek, amelyet vizsgálunk.

Ha például egy elektromos analóg számítógépben 1 volt 100 kilométer/órának felel meg, akkor 0,5 volt 50 kilométer/órát képviselhet.

A gép tehát nem feltétlenül azt számolja ki: 50

Hanem létrehoz egy fizikai állapotot, amely **megfelel az 50-nek.**

Ez elsőre furcsának tűnhet. Pedig a természet maga is így „számol”. Egy rugó megnyúlása arányos lehet a rá ható erővel. Egy kondenzátor töltése időben változik. Egy inga mozgása matematikai törvényeket követ.

Ha megfelelő fizikai rendszert építünk, annak viselkedése egy másik rendszer matematikai modelljévé válhat.

Az analóg számítás egyik előnye, hogy viszonylag egyszerű lehet egy analóg számítógépet megtervezni és megépíteni egyetlen probléma megoldására. Egy másik előny, hogy az analóg számítógépek gyakran képesek egy problémát „valós időben” ábrázolni és megoldani; azaz a számítás ugyanolyan ütemben halad, mint az általa modellezett rendszer. Fő hátrányaik, hogy az analóg reprezentációk pontossága korlátozott – jellemzően néhány tizedesjegy, de kevesebb az összetett mechanizmusokban –, valamint az általános célú eszközök drágák és nem könnyen programozhatók.



7.2. Planiméterek és integrátorok

Az analóg számítás egyik legszebb példája a **planiméter**.

Tegyük fel, hogy egy térképen szabálytalan alakú tó területét szeretnénk meghatározni.

A geometriai képletek nem sokat segítenek.

A tó nem téglalap.

Nem kör.

Nem háromszög.

A planiméter kezelője egyszerűen végigvezeti a műszer egyik pontját az alakzat kerületén.

A mechanika pedig a mozgásból meghatározza a bezárt területet.

A gép tulajdonképpen **integrál.**

Nem számjegyeket ütünk be.

Nem képletet írunk.

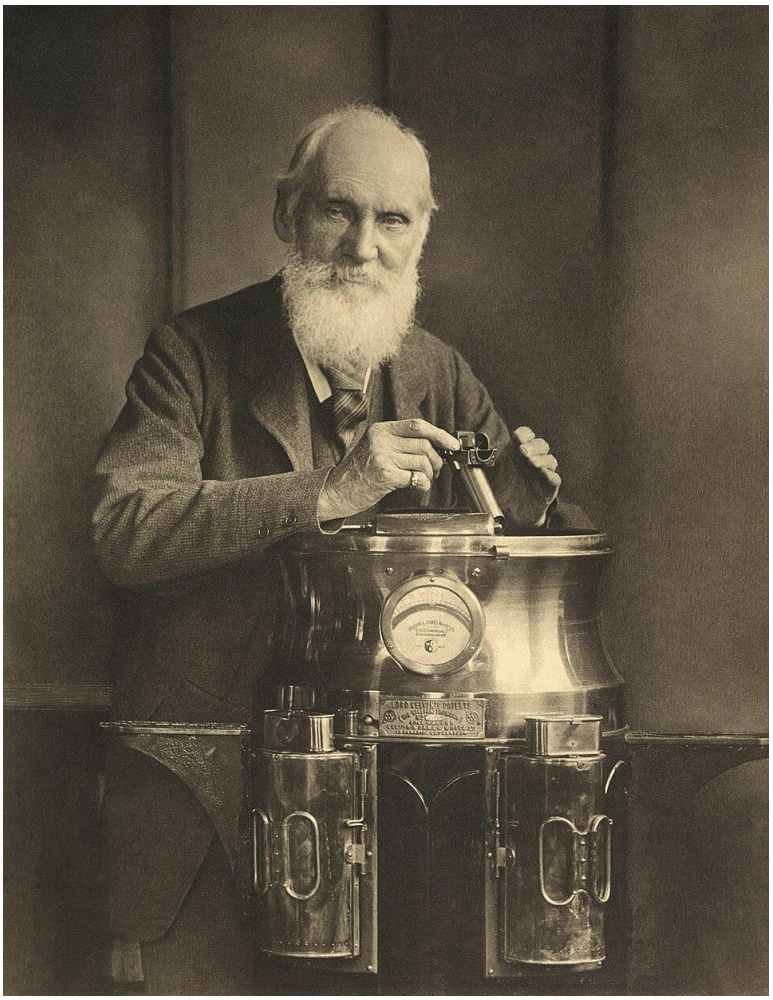
Egy mozdulatot végzünk – és a mechanizmus elvégzi a matematikai művelet fizikai megfelelőjét. Az ilyen mechanikus integrátorok a 19. században egyre fontosabbá váltak.

Mérnökök, földmérők, hajótervezők és más szakemberek használták őket. A matematika gépi műveletté alakult.

7.3. Lord Kelvin gépei

William Thomson, a későbbi Lord Kelvin felismerte, hogy a mechanikus integrátorok ennél bonyolultabb feladatokra is használhatók.

Testvérével, James Thomsonnal együtt olyan mechanikus megoldásokon dolgozott, amelyek differenciálegyenletek kezelésére is alkalmasak lehettek.



Kelvin egyik különösen érdekes elképzelése az árapály előrejelzéséhez kapcsolódott.

A tengerjárás sok különböző periodikus hatás eredője.

A Hold.

A Nap.

A Föld forgása.

A partvidék földrajza.

Ha ezeket az összetevőket megfelelő mechanikus rendszerben egyesítjük, a gép előre tudja jelezni az árapály változását.

Fogaskerekek, tárcsák, láncok és csigák együtt **modellezték a természetet.**

Nem úgy számoltak, ahogy egy ember papíron.

A gép mozgása maga volt a számítás.

7.4. Vannevar Bush Differential Analyzer gépe

Az analóg mechanikus számítógépek egyik csúcspontja **Vannevar Bush Differential Analyzer** nevű gépe volt, amelyet az 1920-as évek végétől fejlesztettek az MIT-n.

Hatalmas szerkezet volt.



Tengelyek. Fogaskerekek. Tárcsák. Mechanikus integrátorok.

Az egyes egységeket úgy lehetett összekapcsolni, hogy a gép különféle differenciálegyenleteket oldjon meg.

Ez már valódi, általánosabb célú analóg számítógép volt.

A programozása azonban egészen másként történt, mint ma.

Nem programkódot írtak.

A gép mechanikus kapcsolatait kellett a megoldandó problémának megfelelően kialakítani.

A matematikai egyenletből **gépkapcsolás** lett.

A gép pedig mozgásával adta meg a megoldást.

7.5. Katonai és tüzérségi számítógépek

A 20. század első felében az analóg számítógépek egyik legfontosabb alkalmazási területe a haditechnika lett.

A tüzérségi célzás meglepően bonyolult számítási feladat.

Egy mozgó célpontot nem oda kell célozni, ahol éppen van.

Hanem oda, ahol a lövedék érkezésekor lesz.

Figyelembe kell venni többek között:

a cél sebességét,

irányát,

távolságát,

a lövedék repülési idejét,

a ballisztikai tulajdonságokat,

és bizonyos esetekben további környezeti tényezőket.

Légvédelmi tüzérségnél a probléma még nehezebb.

Egy gyorsan mozgó repülőgépet kell eltalálni egy olyan lövedékkel, amelynek szintén időre van szüksége ahhoz, hogy elérje a cél magasságát.

Ehhez **folyamatosan változó adatokból folyamatosan változó megoldást** kell előállítani.

Ez szinte ideális feladat egy analóg számítógép számára.

A Mark 1 – a mechanikus számítógép, amely megjósolta a célpont helyét

Az 1930-as évek elején az amerikai Ford Instrument Company bemutatta a **Mark 1 Fire Control Computert**, az amerikai haditengerészet egyik legfejlettebb elektromechanikus analóg számítógépét. Feladata a hajóágyúk tűzvezetése volt: folyamatosan kiszámította, milyen irányba és milyen emelkedési szögben kell állítani az ágyúkat ahhoz, hogy a lövedék ne oda érkezzen, ahol a célpont éppen van, hanem oda, **ahol a lövedék becsapódásakor lesz.**

A rendszer működésének egyik előfeltétele a **Selsyn**, későbbi nevén synchro volt. Ez elektromos úton továbbította a mechanikai tengelyek helyzetét, így a távol elhelyezett célzóberendezés adatai eljuthattak a számítógéphez, annak eredménye pedig továbbítható volt a lövegtornyokhoz.

A Mark 1 legérdekesebb eleme azonban a **mechanikus integrátor** volt. Egy állandó sebességgel forgó tárcsa, egy golyó és egy kisebb tárcsa segítségével mechanikai úton végezte el a matematikai integrálást. A szerkezet a célpont helyzetének időbeli változásából meghatározta annak mozgását, és ebből következtetett a várható jövőbeli helyzetére. A matematikai műveleteket fogaskerekek, tengelyek, differenciálművek, bütykök és integrátorok végezték.

Különösen érdekes, hogy a Mark 1-nek **nem volt a mai értelemben vett memóriája.** Nem tárolta a korábbi adatokat. A pillanatnyi bemenő adatok folyamatos változásából mégis képes volt előre jelezni a cél mozgását. A cikk szerzője ezért találóan a számítógép „kristálygömbjének” nevezi a mechanikus integrátort.

Mit kellett kiszámítania?

A probléma jóval bonyolultabb volt annál, mint egyszerűen meghatározni a célpont távolságát és irányát. A számítógépnek számolnia kellett többek között

- a célpont irányával és távolságával,
- a célpont sebességével és mozgásirányával,
- a saját hajó sebességével és irányával,
- a lövedék ballisztikai tulajdonságaival,
- a lövegcső kopása miatt megváltozó kezdősebességgel,
- az időjárási adatokkal,
- a hajó dőlésével és bólintásával,
- valamint a Föld forgásából eredő **Coriolis-hatással.**

Ehhez még a hajó földrajzi szélességét és az északi irányt is ismernie kellett, hiszen a Coriolis-hatás nagysága és iránya ezektől is függött.

A hajó mozgása további problémát jelentett. A csatahajók célzóberendezése akár harminc méterrel a vízvonal fölött helyezkedett el. Amikor a hajó hullámzott, a célzóberendezés is elmozdult, amit a rendszer tévesen a célpont mozgásának érzékelhetett volna. Egy stabilizáló berendezés ezért meghatározta a valódi vízszintes síkot, a számítógép pedig mechanikus differenciálművekkel korrigálta a célzóberendezéstől érkező adatokat.

Folyamatosan számoló gép

A Mark 1 nem úgy működött, mint egy mai digitális számítógép, amely adatokat kap, lefuttat egy programot, majd eredményt ad. **Folyamatosan számolt.** Ahogy változott a célpont helyzete, a hajó iránya vagy sebessége, a fogaskerekek és tengelyek új helyzetbe kerültek, és az eredmény azonnal változott.

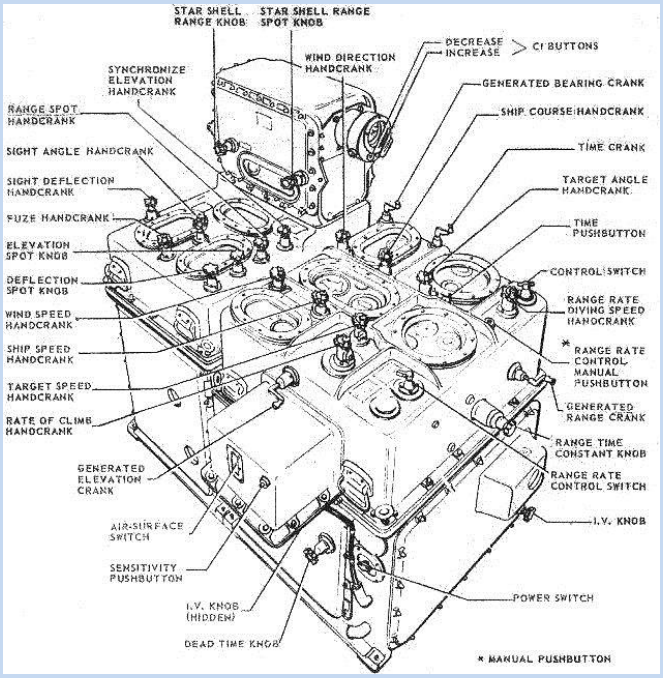
Álló célpont esetében gyakorlatilag azonnal rendelkezésre állt a tüzelési megoldás. Új, mozgó célpontnál legfeljebb körülbelül **30 másodperc kellett**, hogy a gép meghatározza annak haladási irányát és sebességét. Ha a már követett célpont változtatott irányán vagy sebességén, az új megoldás néhány másodperc alatt kialakult.

Maga a számítógép hatalmas szerkezet volt: körülbelül **1,8 méter hosszú, 1,2 méter magas és 0,9 méter széles**. Belseje annyira zsúfolt volt tengelyekkel, fogaskerekekkel és mechanikus számolóegységekkel, hogy a karbantartók speciális, akár méteres szerszámokkal tudtak csak belenyúlni. A szerző egy finom mechanikus óraszerkezethez hasonlítja – csak éppen óriási méretben.

A Mark 1A







1935 körül megjelent a továbbfejlesztett **Mark 1A**, amely már a célpont magassági mozgását is figyelembe tudta venni. Ezzel a rendszer alkalmassá vált repülőgépek követésére és légvédelmi tűzvezetésre is. A korábbi, nagyjából 200 csomós célsebesség-határt körülbelül 450 csomóra emelték, majd a sugárhajtású repülőgépek megjelenésekor a rendszert mintegy 650 csomós sebességig továbbfejlesztették. A Mark 1A és az amerikai 5"/38 löveg együttese a második világháború egyik legsikeresebb haditengerészeti légvédelmi rendszerévé vált.

Miért fontos a számítástechnika történetében?

A Mark 1 nagyszerű példája annak, hogy **a számítógép nem szükségképpen digitális és nem szükségképpen elektronikus**.

A gépben a számokat fizikai mennyiségek képviselték. Egy tengely elfordulása jelenthetett egy irányszöget, egy mechanikus elmozdulás távolságot vagy sebességet. Fogaskerekekkel és differenciálművekkel összeadni és kivonni, áttételekkel szorozni, speciális mechanikus szerkezetekkel pedig még integrálni is lehetett.

A Mark 1 ezért az analóg számítástechnika egyik legszebb példája: **egy hatalmas mechanikus matematikai modell volt, amelyben a valós világ változásait fogaskerekek és tengelyek mozgása utánozta.**

És talán ez benne a legmeglepőbb:

nem volt memóriája, mégis képes volt a jelenből kiszámítani a jövőt.

Forrás: https://www.navweaps.com/index_tech/tech-056.php

A magyar Gamma–Juhász – számítógép processzor nélkül

A légvédelmi tüzérség egyik legnehezebb problémája, hogy nem oda kell lőni, ahol a repülőgép van, hanem oda, ahol a lövedék megérkezésekor lesz. Ehhez egyszerre kellett ismerni és folyamatosan követni a cél távolságát, irányát, magasságát és mozgását, majd figyelembe venni a lövedék ballisztikai tulajdonságait is.

Juhász István és a Gamma olyan elektromechanikus berendezést hozott létre, amely ezt a feladatot valós időben oldotta meg.

A rendszer optikailag követte a célt. A cél mozgásából mechanikus szerkezetek határozták meg annak sebességét és irányát. A lövedék ballisztikai tulajdonságait különleges, háromdimenziós felületű mechanikai testek tárolták. Tapintók olvasták le ezekről a pillanatnyi helyzetnek megfelelő értékeket.

A különböző mechanikus mennyiségek összekapcsolásából a gép meghatározta azt a pontot, ahol a lövedéknek és a mozgó célpontnak találkoznia kellett.

A későbbi automatikus változatok a kiszámított értékeket már elektromos jelek formájában továbbították a légvédelmi lövegekhez.

Mai fogalmainkkal nézve a működés meglepően ismerős:

bemenet → adatfeldolgozás → tárolt modell → számítás → kimenet.

Csakhogy mindez az 1930-as években történt, tranzisztorok, integrált áramkörök és mikroprocesszorok nélkül.

Amikor az adatot egy fémdarab alakja tárolta

A mai számítógép memóriájában az információ bitek formájában található. A Gamma–Juhász lőelemképzőben azonban egészen más módon tároltak adatokat.

A légvédelmi lövedék röppályája függött többek között a távolságtól, a magasságtól és az iránytól. Ezek összefüggéseit próbalövésekkel meghatározott ballisztikai táblázatok tartalmazták.

Juhász gépében a táblázatok adatait **háromdimenziós felületekké alakították**.

Az úgynevezett ballisztikai testek torz hengerekhez hasonlítottak. Hossztengelyük mentén a távolság, palástjukon más ballisztikai paraméterek jelentek meg. A test alakja tehát maga hordozta a matematikai összefüggést.

Egy mechanikus tapintó végighaladt a megfelelő felületen. Helyzete attól függött, hogy az adott pillanatban milyen távolságot, magasságot és egyéb paramétereket kellett figyelembe venni.

A tapintó elmozdulása volt a „kiolvasott adat”.

A három ballisztikai test felületén a rendszer több mint **kilencvenezer adatnak megfelelő információt** tudott reprezentálni.

Mai szemmel ez meghökkentő.

Nem volt merevlemez.

Nem volt félvezető memória.

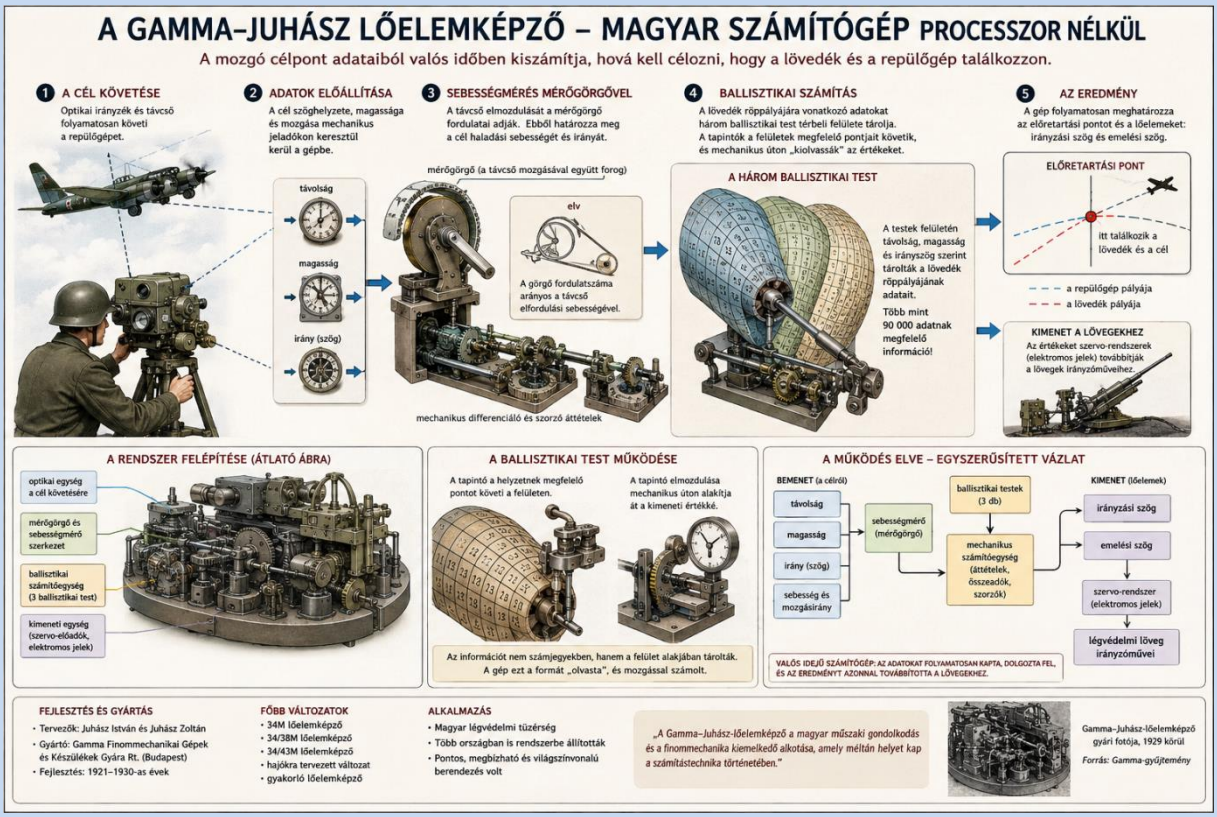
Nem volt mágnesszalag.

Még lyukkártya sem kellett hozzá.

Az információt maga egy tárgy alakja tárolta.

Ez az analóg számítástechnika egyik legszebb példája: a matematikai összefüggésből fizikai forma lett, a gép pedig ezt a formát „olvasta”.

A Gamma–Juhász ezért nem egyszerűen ügyes célzókészülék volt. **Analóg, elektromechanikus, valós időben működő célszámítógépnek tekinthető.**



Forrás: Miklauzic István - Varga József - Zsitnyánszki Attila: A Gamma-Juhász Lőelemképző (Zrinyi kiadó, 2022)

A képet a ChatGPT készítette

7.6. Elektronikus analóg számítógépek

Az elektronika megjelenésével az analóg számítógép új formát kapott.

A mechanikus tengelyeket és tárcsákat elektromos feszültségek váltották fel.

Egy változó értékét egy feszültség képviselhette.

Az összeadást, kivonást és integrálást elektronikus áramkörök végezhették.

Különösen fontos szerepet kaptak a **műveleti erősítők.**

Az elektronikus analóg számítógép előlapján gyakran rengeteg csatlakozóaljzat volt.

A programozó kábelekkel kötötte össze az egyes számítóegységeket.

Egy differenciálegyenlet így szó szerint **kábelezéssé változott.**

Ha más problémát akartunk megoldani, át kellett dugni a vezetékeket.

Ezek a gépek különösen alkalmasak voltak dinamikus rendszerek modellezésére.

Repülőgépek.

Rakéták.

Szabályozórendszerek.

Elektromos hálózatok.

Vegyipari folyamatok.

Egy analóg számítógép nagy előnye az volt, hogy sok műveletet természeténél fogva **párhuzamosan** végzett.

A modell együtt változott a modellezett folyamattal.

7.7. Analóg kontra digitális

Az analóg számítógépnek volt egy komoly problémája.

A pontosság.

Ha egy mennyiséget egy tengely helyzete képvisel, mindig van mechanikai holtjáték.

Ha feszültség képviseli, mindig van zaj.

Ha egy alkatrész értéke kissé megváltozik a hőmérséklettől, az eredmény is változik.

Az analóg világ **folytonos**.

És ezért minden apró hiba továbbvihető.

A digitális gép másképpen működik.

Nem azt mondja:

„körülbelül ekkora feszültség”.

Hanem jól elkülöníthető állapotokat használ.

1.
2.

Ez sokkal ellenállóbbá teszi a zajjal és a kisebb fizikai eltérésekkel szemben.

A digitális gép ráadásul könnyen programozható.

Ugyanaz a hardver egészen különböző feladatokat végezhet.

Nem kell fogaskerekeket átrendezni.

Nem kell kábeleket átdugni.

Elég más programot betölteni.

Miért győzött a digitális számítógép?

Az analóg számítógép sok feladatban gyors és elegáns.

Miért tűnt el mégis szinte teljesen a hétköznapi számítástechnikából?

Mert a digitális gépnek néhány döntő előnye van.

Pontosság.
A digitális számábrázolásnál a pontosság szükség szerint növelhető.

Ismételhetőség.
Ugyanaz a program ugyanazokkal az adatokkal ugyanazt az eredményt adhatja.

Tárolhatóság.
A digitális adat könnyen másolható és tárolható.

Programozhatóság.
Ugyanaz a gép szinte tetszőleges feladatra használható.

Másolhatóság.
Egy programból korlátlan számú azonos példány készíthető.

És volt még egy döntő tényező:

a mikroelektronika.

A tranzisztorok és integrált áramkörök fejlődésével a digitális számítógépek egyre kisebbek, gyorsabbak és olcsóbbak lettek.

Az analóg számítógép nem azért veszített, mert rossz ötlet volt.

Hanem azért, mert a digitális technológia fejlődése elképesztően gyors lett.

Érdekes módon azonban az analóg számítás gondolata napjainkban ismét fel-felbukkan. Bizonyos speciális feladatoknál – például neurális hálózatok, fizikai szimulációk vagy rendkívül energiahatékony számítások esetében – ismét vizsgálják az analóg és hibrid megoldások lehetőségeit.

Lehet, hogy az analóg számítógép története még nem ért teljesen véget.

Mit nevezünk számítógépnek?

Hol kezdődik a számítógép?

Az abakusz számítógép?

A Pascaline?

A planiméter?

A Gamma–Juhász lőelemképző?

Babbage soha teljesen meg nem épült Analytical Engine-je?

Egy mai zsebszámológép?

Nincs minden szempontból tökéletes határvonal.

A magyar **számítógép** szó ráadásul kissé félrevezető lehet.

A mai computer ugyanis legtöbbször nem olyan feladatot végez, amelyet hétköznapi értelemben számolásnak nevezünk.

Szöveget írunk rajta.

Fényképet nézünk.

Zenét hallgatunk.

Kommunikálunk.

Filmet vágunk.

Internetezünk.

Mégis minden mögött információk formális feldolgozása történik.

Talán ezért célszerű tágabb értelemben gondolkodni.

Számítógépnek tekinthetünk olyan gépet, amely **egy probléma adatait valamilyen reprezentációban fogadja, meghatározott szabályok szerint feldolgozza, majd eredményt állít elő.**

Ebben az értelemben az analóg számítógép ugyanolyan valódi számítógép, mint digitális utódja.

Csak más nyelven beszél.

A digitális gép számokkal modellezi a világot.

Az analóg gép pedig gyakran **magával a fizikával.**

Az analóg és digitális számítógép története sokáig párhuzamosan haladt.

Nem volt eleve eldöntve, melyik út győz.

Sőt hosszú ideig az analóg gépek bizonyos mérnöki feladatokban gyorsabbak és praktikusabbak voltak digitális társaiknál.

Végül azonban a tranzisztor és az integrált áramkör eldöntötte a versenyt.

A digitális gép lett általános.

Az analóg számítógép pedig lassan eltűnt a laboratóriumokból.

De hátrahagyott egy fontos gondolatot:

egy problémát nem mindig úgy kell kiszámítani, hogy számjegyekkel számolunk. Néha elég építeni valamit, ami ugyanúgy viselkedik.

V. rész – Elektromosság és logika

8. A kapcsoló megtanul gondolkodni

„A digitális számítógép egyik legnagyobb titka, hogy a gondolkodás egy részét kapcsolások sorozatává lehetett alakítani.”

Egy villanykapcsoló nem tűnik különösebben intelligens szerkezetnek.

Be van kapcsolva.

Vagy ki van kapcsolva.

Áram folyik.

Vagy nem folyik.

Két állapot.

Mégis ebből az egyszerű kettősségből nőtt ki a digitális számítógép.

Ehhez azonban két, egymástól látszólag nagyon távoli gondolatnak kellett találkoznia.

Az egyik a **matematikai logika** volt.

A másik az **elektromos kapcsolástechnika**.

A találkozás pillanatában derült ki, hogy az „igaz” és „hamis” éppen úgy két állapot, mint a „bekapcsolva” és „kikapcsolva”.

Innen már csak egy lépés volt:

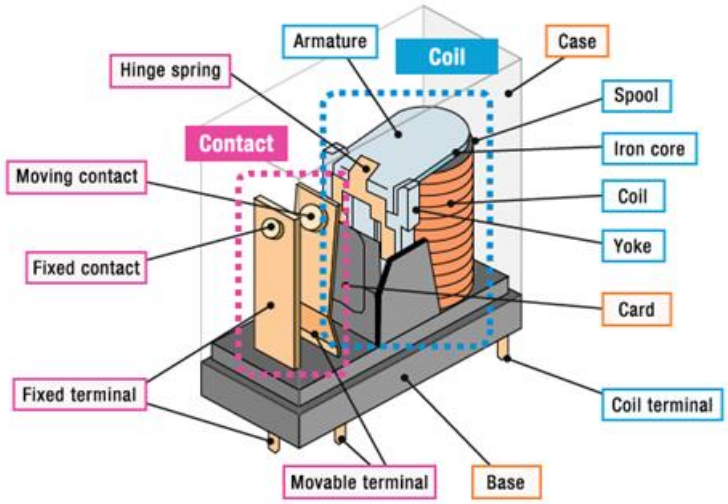
a logikai gondolkodás egy részét áramkörként is meg lehet építeni.

8.1. Elektromágnes és relé

Ha elektromos áram folyik egy tekercsen keresztül, mágneses tér keletkezik körülötte.

Ha a tekercsbe vasat helyezünk, elektromágnest kapunk.

Ez az egyszerű fizikai jelenség tette lehetővé az egyik legfontosabb elektromechanikus alkatrész, a **relé** megszületését.



A relé tulajdonképpen elektromosan működtetett kapcsoló.

Ha áram folyik a tekercsében, az elektromágnes elmozdít egy mechanikus érintkezőt.

Az érintkező egy másik áramkört be- vagy kikapcsolhat.

Vagyis:

egy elektromos jel vezérel egy másik elektromos jelet.

Ez döntő jelentőségű.

A kapcsolót már nem feltétlenül ember működteti.

Egy áramkör kapcsolhat egy másik áramkört.

És ha a második relé egy harmadikat vezérel, az pedig egy negyediket, összetett kapcsolási rendszerek építhetők.

A számítógép felé vezető út egyik alapvető építőeleme megszületett.

8.2. Távírótechnika

A relé fejlődése szorosan összekapcsolódott a távíróval.

A hosszú távíróvezetékeken haladó elektromos jel gyengült. Nagy távolságokon ezért szükség volt olyan megoldásra, amely a gyenge beérkező jel segítségével egy új, erősebb helyi áramkört kapcsol.

Erre kiválóan alkalmas volt a relé.

A beérkező jel működtette az elektromágnest.

Az elektromágnes meghúzta az érintkezőt.

Az érintkező pedig egy új áramforrás segítségével továbbította a jelet.

Innen ered maga az elnevezés is: a relay jelentése továbbadás, váltás.

A relé tehát eredetileg nem azért született, hogy számítógépet építsenek belőle.

Kommunikációs eszköz volt.

A távírótechnika azonban megtanította a mérnököket arra, hogyan lehet elektromos jeleket kapcsolni, továbbítani és automatikusan vezérelni.

Később ugyanezekből az alkatrészekből már számológépeket és számítógépeket építettek.

Ez a technikatörténetben gyakran előfordul:

egy találmány egészen más területen válik igazán fontossá, mint amelyre eredetileg létrehozták.

8.3. George Boole és a matematikai logika

Miközben a mérnökök relékkel és távíróvezetékekkel foglalkoztak, egy angol matematikus egészen más problémán gondolkodott.

George Boole azt vizsgálta, vajon a logikai gondolkodás szabályai leírhatók-e matematikai formában.

1854-ben megjelent *An Investigation of the Laws of Thought* című munkájában olyan algebrai rendszert dolgozott ki, amelyben logikai állításokkal lehetett műveleteket végezni.

A hagyományos algebrában számokkal dolgozunk.

Boole rendszerében logikai értékekkel.

Egy állítás lehet: **IGAZ** vagy **HAMIS**.

Két állapot. Boole természetesen nem számítógépet akart építeni. A modern elektronikus számítógép még nem létezett. Munkája évtizedeken át elsősorban a matematika és a logika területéhez tartozott. Később azonban kiderült, hogy Boole absztrakt matematikája szinte tökéletesen illik az elektromos kapcsolók világához.

8.4. Logikai műveletek

A Boole-algebra néhány egyszerű alapműveletből rendkívül összetett logikai kifejezéseket képes felépíteni.

Vegyük például az **ÉS** műveletet.

Az eredmény csak akkor igaz, ha mindkét feltétel igaz.

Például:

„Az ajtó csukva van **ÉS** a kulcs el van fordítva.”

Elektromosan ezt két sorba kötött kapcsolóval modellezhetjük:

A kapcsoló ÉS B kapcsoló → lámpa

A lámpa csak akkor világít, ha **mindkét kapcsoló zárva van.**

Ez már logikai áramkör.

A **VAGY** műveletnél elegendő, ha legalább az egyik feltétel igaz.

Két párhuzamos kapcsolóval ezt is könnyen megvalósíthatjuk.

Ha A **vagy** B kapcsoló zárva van, az áram folyhat.

A **NEM** művelet megfordítja a logikai állapotot.

Igazból hamis lesz.

Hamisból igaz.

Ehhez olyan reléérintkezőt használhatunk, amely alaphelyzetben zárt, a relé meghúzásakor viszont megszakítja az áramkört.

Így három egyszerű fogalom:

ÉS – VAGY – NEM

elektromos kapcsolássá alakítható.

És ezek kombinációiból már rendkívül összetett logikai rendszereket lehet felépíteni.

8.5. Claude Shannon felismerése

Itt lép be történetünkbe egy fiatal amerikai mérnök, Claude Shannon.

Shannon az MIT-n Vannevar Bush Differential Analyzer gépével is dolgozott.

Érdekes történeti találkozás ez.

Az előző fejezetben Bush gépe az analóg számítógép egyik csúcspontjaként szerepelt.

Shannon azonban egy másik problémával is találkozott: **relés kapcsolóáramkörök elemzésével.**

És felismerte a kapcsolatot.

A relének két állapota lehet:

nyitott – zárt.

A Boole-algebra változóinak szintén két értéke lehet:

hamis – igaz.

A kettő megfeleltethető egymásnak.

1937-es mesterdolgozatában, majd az abból született, 1938-ban megjelent tanulmányában Shannon megmutatta, hogyan használható a Boole-algebra relés kapcsolóáramkörök leírására és tervezésére.

Ez első pillantásra talán nem hangzik forradalminak.

Pedig az volt.

Addig egy bonyolult relérendszer elsősorban vezetékek, kapcsolók és érintkezők hálózata volt.

Shannon megmutatta, hogy ugyanez **matematikai kifejezésként is leírható**.

És fordítva:

egy logikai kifejezésből **kapcsolási rajz készíthető**.

Ezzel híd épült az absztrakt matematika és a fizikai gép között.

A logikát meg lehetett építeni.

8.6. Relékből logikai áramkör

Képzeljünk el két relét.

Ha sorba kötjük az érintkezőiket, az áram csak akkor folyik, ha mindkettő zár.

Ez: **A ÉS B.**

Ha párhuzamosan kötjük őket, az áram akkor is folyhat, ha csak az egyik zár.

Ez: **A VAGY B.**

Ha nyugalmi állapotban zárt érintkezőt használunk, amely a relé működésekor nyit, akkor megfordíthatjuk az állapotot.

Ez: **NEM A.**

Ezekből már bonyolultabb műveletek építhetők.

És itt történik valami rendkívül fontos.

Ha az IGAZ és HAMIS helyett azt írjuk: **1 és 0,**

akkor ugyanaz a rendszer már bináris számokkal is dolgozhat.

A logikai kapukból olyan áramkör készíthető, amely két bináris számjegyet összead.

Az ilyen egyszerű **félösszeadó**, majd a teljes összeadó áramkörök összekapcsolásával többjegyű bináris számokat is összeadhatunk.

A kapcsoló tehát valóban „megtanult számolni”.

Természetesen nem gondolkodik emberi értelemben.

Minden egyes relé csak egy rendkívül egyszerű fizikai műveletet végez.

Kapcsol.

Vagy nem kapcsol.

De sok ilyen egyszerű elem megfelelő hálózatba rendezve már összetett logikai és matematikai műveleteket hajthat végre.

Ez a gondolat a modern digitális számítógépben sem változott meg alapvetően.

A relét később felváltotta az elektroncső.

Az elektroncsövet a tranzisztor.

Az egyedi tranzisztorokat az integrált áramkör.

Ma egyetlen processzorban tranzisztorok milliárdjai működhetnek.

De a mélyben ugyanaz az egyszerű gondolat él:

két állapot és logikai műveletek.

Igaz vagy hamis: hogyan lesz a logikából áramkör?

Vegyünk egy egyszerű hétköznapi feltételt:

A lámpa akkor világítson, ha **A kapcsoló ÉS B kapcsoló** be van kapcsolva.

Logikailag:

A ÉS B → LÁMPA

Készítsünk hozzá áramkört.

Ha A és B kapcsolót sorba kötjük, az áram csak akkor jut el a lámpához, ha mindkét kapcsoló zárva van.

A	B	A ÉS B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Ezt nevezzük **igazságtáblának.**

Most kössük a két kapcsolót párhuzamosan.

A lámpa akkor is világíthat, ha A zárva van, és akkor is, ha B zárva van.

Ez a VAGY művelet.

A	B	A VAGY B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

A NEM művelet még egyszerűbb:

A	NEM A
0	1
1	0

Ezek első pillantásra gyerekesen egyszerű szabályoknak tűnnek.

Pedig ezekből felépíthető egy összeadó.

Az összeadókból számológép.

Regiszterek és vezérlőáramkörök.

Memória.

Processzor.

Végül pedig egy teljes számítógép.

A digitális világ elképesztő bonyolultsága néhány rendkívül egyszerű logikai műveletből nőtt ki.

Shannon felismerésével valami alapvetően megváltozott.

Pascal és Leibniz még fogaskerekeket rendezett úgy, hogy azok számokat adjanak össze.

Babbage mechanikus gépet próbált programozhatóvá tenni.

Az analóg számítógép fizikai mennyiségekkel modellezte a matematikát.

Shannon után viszont már tudtuk:

a matematika és a logika elektromos kapcsolások hálózatává alakítható.

És ezzel készen állt az elméleti alap a következő nagy lépéshez.

A relék kattogó világa után a kapcsolást egyre gyorsabb eszközökre lehetett bízni.

Először az **elektroncsőre**, majd a **tranzisztorra**.

A számítógép lassan megszabadult a mozgó alkatrészektől.

9. Elektromechanikus számítógépek

„A számítógép először kattogott, és csak később lett néma.”

A mai számítógép működéséből szinte semmit sem hallunk.

A processzorban elektronok mozognak, tranzisztorok milliárdjai kapcsolnak, de mindez hangtalanul történik.

Az első digitális számítógépek egy része egészen más volt.

Kattogtak.

Relék százai vagy ezrei húztak meg és engedtek el. Fogaskerekek fordultak. Kapcsolók mozdultak. Elektromágnesek működtek.

Ezek a gépek különös átmenetet képviseltek a mechanikus számológépek és az elektronikus számítógépek között.

A logikájuk már digitális volt.

A működésük azonban még részben mechanikus.

Innen az elnevezés:

elektromechanikus számítógép.

9.1. George Stibitz

Az amerikai Bell Telephone Laboratories kutatója, **George Stibitz** 1937-ben otthon, konyhaasztalán épített egy egyszerű relés áramkört.

Néhány relét, elemet, izzókat és más alkatrészeket használt.

A szerkezet bináris számok összeadására volt képes.

Stibitz később **Model K** néven emlegette – a K a *kitchen*, vagyis konyha szóra utalt**.**

A szerkezet önmagában még nem volt számítógép.

A jelentősége abban állt, hogy megmutatta: **relékkel bináris aritmetikai műveleteket lehet végezni.**

A Bell Labs ezután nagyobb berendezés megépítését támogatta.

1939–1940-ben elkészült a **Complex Number Calculator**, amely komplex számokkal végzett műveleteket, és több száz relét tartalmazott.

1940 szeptemberében Stibitz különleges bemutatót tartott.

A gép New Yorkban volt, Stibitz pedig a Dartmouth College-ban rendezett konferencián tartózkodott.

Egy távgépírón keresztül adatokat küldött a több száz kilométerre lévő számológéphez, majd ugyanazon a kapcsolaton visszakapta az eredményt.

Mai szemmel hétköznapinak tűnik.

Akkor azonban rendkívüli volt:

egy számítógépet távolról használtak kommunikációs hálózaton keresztül.

A számítógép és a távközlés története már ekkor találkozott.

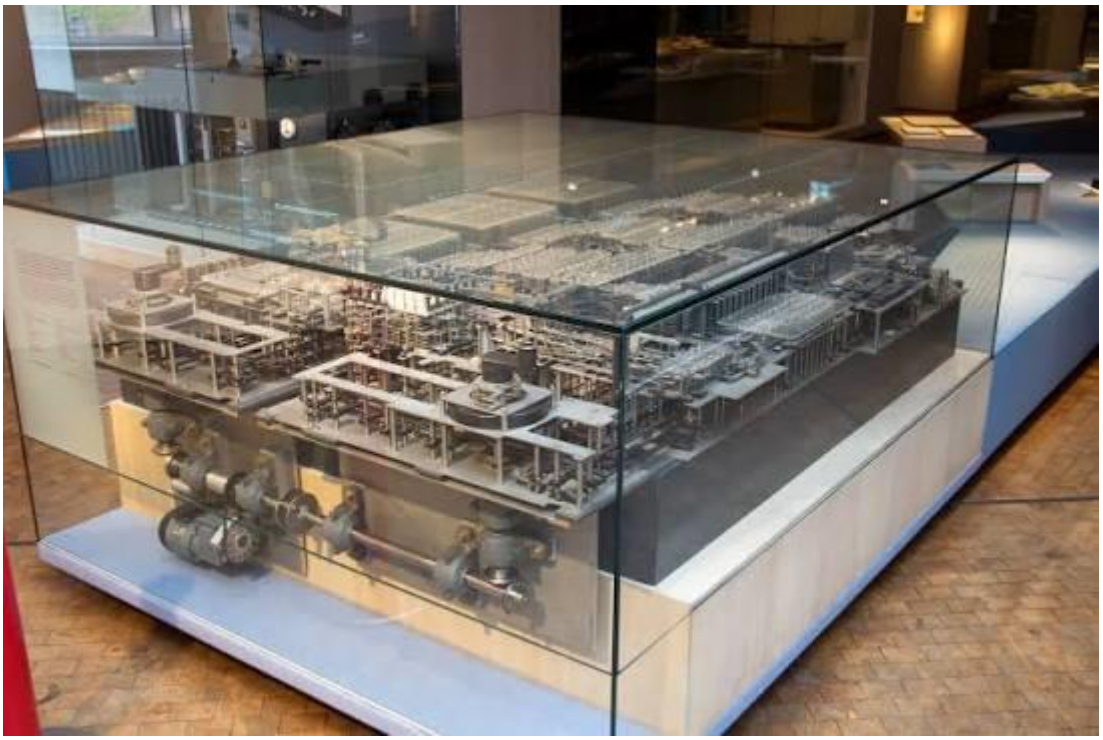
9.2. Konrad Zuse – Z1, Z2, Z3, Z4

Miközben Amerikában Stibitz relékkel kísérletezett, Németországban egy fiatal mérnök saját lakásában próbált számítógépet építeni.

Konrad Zuse építőmérnökként rengeteg unalmas számítással találkozott.

Arra gondolt: miért ne végezhetné el ezeket egy gép?

Z1



1936 és 1938 között elkészítette a **Z1-et.**

A gép egyik legérdekesebb tulajdonsága, hogy binárisan működött, és program vezérelte.

Mindezt nagyrészt mechanikus szerkezettel valósította meg.

A Z1 rendkívül ötletes volt, de mechanikája nem bizonyult eléggé megbízhatónak.

Mégis fontos lépés volt.

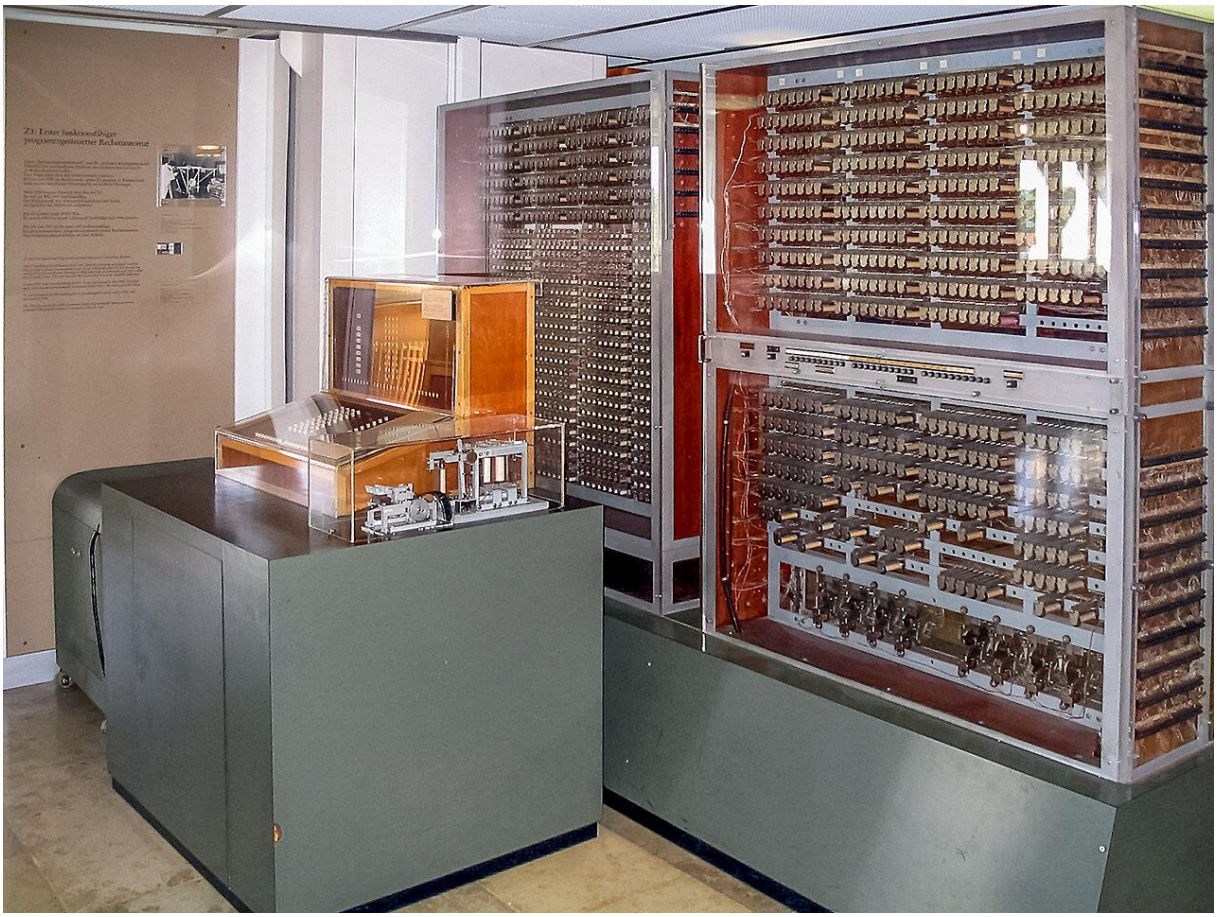
Zuse már olyan alapelvekkel dolgozott, amelyek a későbbi digitális számítógépekben természetessé váltak.

A következő gép, a **Z2** már vegyes megoldást alkalmazott.

A memória még mechanikus volt, a számítás egy részét azonban relék végezték.

Zuse fokozatosan felismerte, hogy a relé megbízhatóbb digitális kapcsoló, mint bonyolult mechanikus szerkezetei.

Z3



1941-ben elkészült a **Z3.**

Ez már körülbelül 2600 reléből álló, bináris lebegőpontos számítógép volt, és programját lyukasztott filmszalagról olvasta.

A gép automatikusan hajtotta végre a program utasításait.

A Z3 ezért különleges helyet foglal el a számítástechnika történetében.

Általában az **első működő, programvezérelt, teljesen automatikus digitális számítógépként** tartják számon.

A megfogalmazás minden szava fontos.

Mert – ahogy hamarosan látni fogjuk – attól függően, mit értünk „számítógép” alatt, más gép is kaphatja az „első” címet.

A Z3 eredeti példánya Berlin bombázása során megsemmisült.

Z4



Zuse a háború alatt továbbfejlesztette elképzeléseit.

A **Z4** túlélte a háborút, és 1950-ben a zürichi ETH-n helyezték üzembe.

Ezzel a Z4 a háború utáni Európa korai, ténylegesen munkára használt programvezérelt számítógépeinek egyike lett.

Zuse története azért különösen érdekes, mert munkájának jelentős részét a nemzetközi számítástechnikai fejlődéstől viszonylag elszigetelten végezte.

Ugyanarra a problémára több helyen, egymástól részben függetlenül születtek hasonló válaszok.

9.3. Harvard Mark I

Az Egyesült Államokban eközben egy másik hatalmas elektromechanikus gép készült.

A **Harvard Mark I**, hivatalos nevén **IBM Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC),** Howard Aiken elképzelései alapján, az IBM közreműködésével épült meg.

1944-ben állították üzembe a Harvard Egyetemen.

A gép monumentális volt.

Körülbelül 15 méter hosszú, több tonnás berendezés, kilométernyi vezetékkel és hatalmas mennyiségű mechanikus, illetve elektromechanikus alkatrésszel.



1944-ben az IBM átadta a Harvardnak az elektromechanikus Harvard Mark I-et, egy hatalmas, relékből és fogaskerekekből álló, programvezérelt számológépet. A gép megbízhatóan végezte az alapműveleteket, négyzetgyök- és logaritmikus számításokat, nagy pontossággal segítve a haditengerészetet és a tudományos kutatásokat. Grace Hopper és más korai programozók itt indultak, így a Mark I előkészítette az utat az elektronikus számítógépek felé.

A Mark I automatikusan hajtott végre hosszabb számítási sorozatokat.

Programját lyukszalagszerű papírszalagról olvasta.

Mai szemmel lassú volt.

Egy összeadás nagyjából harmad másodpercig tartott, egy szorzás több másodpercet igényelt.

Az emberhez képest azonban fáradhatatlan volt.

Órákon vagy napokon keresztül képes volt számításokat végezni anélkül, hogy elvesztette volna a figyelmét.

A Mark I-en dolgozott **Grace Hopper** is, aki később a programozás történetének egyik fontos alakjává vált.

A gép a második világháború alatt katonai és tudományos számításokat végzett.

A mechanikus számológép itt már egyértelműen átalakult: **program által vezérelt automatikus számítóberendezéssé.**

9.4. Relés számítógépek

Miért volt olyan vonzó a relé?

Mert két jól elkülöníthető állapota van.

Nyitva.

Zárva.

Ez tökéletesen megfelelt a bináris logikának.

A relének ráadásul van egy másik fontos tulajdonsága:

az egyik áramkör elektromosan vezérelheti a másikat.

Így relékből összeadókat, regisztereket, vezérlőáramköröket és memóriákat lehetett építeni.

A relés gépek azonban komoly korlátokkal rendelkeztek.

A relé mechanikus alkatrész.

Az érintkezőnek fizikailag el kell mozdulnia.

Ez időbe kerül.

Egy relé kapcsolási ideje ezredmásodpercek nagyságrendjébe esik. Egy számítás során azonban relék egész láncolatának kell egymás után működnie.

A gép ezért kattogva számolt.

És minél több relé volt benne, annál nagyobb problémát jelentett a meghibásodás lehetősége is.

Egy több ezer reléből álló gépnél mindig akadhatott egy szennyezett, elkopott vagy rosszul érintkező kapcsoló.

Mégis fontos előnyük volt.

A relé **digitális eszköz**.

Nem egy hozzávetőleges tengelyhelyzet vagy feszültség hordozza az információt.

Az érintkező vagy zárva van, vagy nyitva.

Ez sokkal megbízhatóbb logikai állapotot jelentett.

A digitális számítógép alapelve tehát már megszületett.

Csak gyorsabb kapcsolóra volt szükség.

9.5. Kozma László és a magyar relés számítástechnika

A relés számítógépek történetének jelentős magyar szereplője **Kozma László**.

Pályája különösen érdekes, mert a távközlés és a számítástechnika közötti kapcsolatot szinte személyében testesítette meg.

A két világháború között Belgiumban dolgozott, többek között az antwerpeni Bell Telephone Manufacturing Companynál. Automatikus telefonközpontok kapcsolástechnikájával foglalkozott.

Ez kiváló iskola volt a későbbi számítógépépítéshez.

A telefonközpont ugyanis lényegében hatalmas automatikus kapcsolórendszer.

Relék.

Kapcsolók.

Vezérlési feltételek.

Jelek.

Egymástól függő kapcsolási műveletek.

Pontosan azok az elemek és gondolkodásmód, amelyekből relés számítógép is építhető.

A háború után Kozma a Budapesti Műszaki Egyetem professzora lett.

Az 1950-es évek második felében vezetésével készült el az egyetem relés számítógépe, a **MESz–1** – a Műegyetemi Számológép.

A gépet 1958-ban helyezték üzembe.

A MESz–1 több ezer elektromechanikus alkatrészt, köztük reléket használt. Bináris számábrázolással dolgozott, és programozható számítások végzésére szolgált.

Technológiai szempontból ekkorra a világ élvonala már az elektronikus számítógépek felé haladt.

Mégsem volt értelmetlen relés gépet építeni.

A rendelkezésre álló hazai alkatrészekből megvalósítható volt, és ami legalább ilyen fontos:

iskolát teremtett.

Mérnökök és hallgatók tanulhatták meg rajta a digitális számítógépek működésének alapelveit.

A MESz–1 ezért nemcsak egy gép volt.

A magyar számítástechnikai oktatás és mérnökképzés egyik fontos állomása lett.

És Kozma története ismét megmutat valamit, amit már Stibitznél és Shannonnál is láttunk:

a modern számítógép egyik közvetlen technológiai őse a távközlés volt.

A távíró és a telefon megtanította a mérnököket arra, hogyan lehet elektromos jeleket továbbítani és kapcsolni.

A számítógép pedig ugyanezeket a kapcsolókat már nem beszélgetések összekötésére, hanem **logikai műveletek végrehajtására** használta.

Melyik volt az első számítógép?

Egyszerűnek tűnő kérdés:

Melyik volt a világ első számítógépe?

A válasz meglepő: **attól függ, mit nevezünk számítógépnek.**

Ha az első általános célú számítógép tervét keressük, akkor **Charles Babbage Analytical Engine-je** az egyik legfontosabb jelölt.

Csakhogy teljes formájában sohasem épült meg.

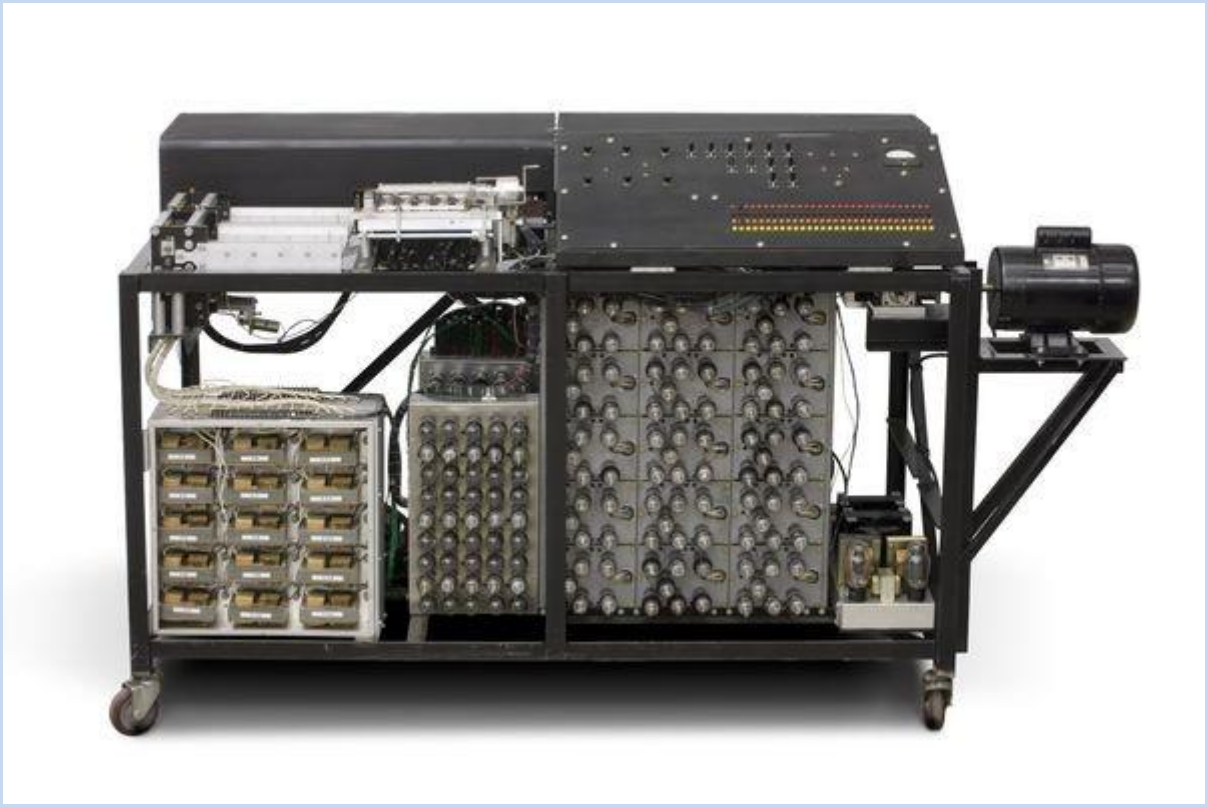
Ha működő, automatikus, programvezérelt digitális gépet keresünk, akkor **Konrad Zuse Z3-a** kerül előtérbe. 1941-ben működött, bináris lebegőpontos számokkal számolt, és programját külső adathordozóról olvasta.

Ha az első nagy amerikai programvezérelt elektromechanikus gépet keressük, akkor az **1944-es Harvard Mark I** következik.

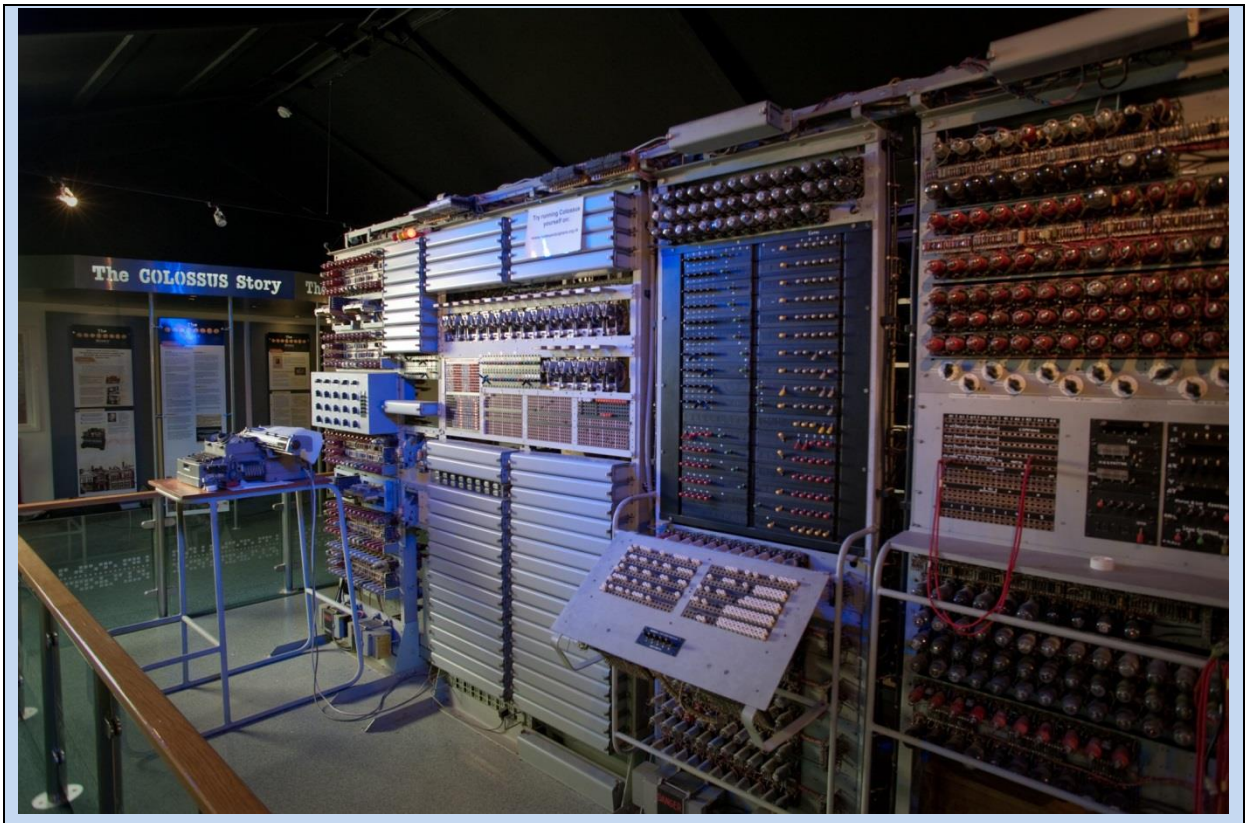
Ha az első elektronikus, általános célú digitális számítógépet keressük, rendszerint az **ENIAC** nevét említjük, amely 1945-re készült el, és 1946-ban mutatták be nyilvánosan.

De még ez sem zárja le a vitát.

Ott van az **Atanasoff–Berry Computer**, amely korábban használt elektronikus digitális számítást, de nem volt általánosan programozható.



Ott van a brit **Colossus**, amely 1943–44-től elektronikus digitális gépként működött, de speciális kódfejtési feladatra készült.



És ott vannak Babbage tervei, Zuse gépei, Stibitz berendezései és más kísérletek.

Ezért az „első számítógép” megnevezés önmagában félrevezető.

Pontosabb megkérdezni:

Első elektronikus?

Első digitális?

Első programvezérelt?

Első általános célú?

Első működő?

Első tárolt programú?

Mindegyik kérdésre más válasz születhet. A számítógépet ugyanis nem egyetlen ember találta fel egyetlen pillanatban.

Sok találmány, sok gondolat és több, egymással párhuzamos fejlődési út találkozásából született meg.

A számítógép, amelyet telefonvonalon használtak – 1940

Ma természetesnek vesszük, hogy egy távoli számítógépet hálózaton keresztül használunk. Amikor egy internetes szolgáltatást veszünk igénybe, sokszor azt sem tudjuk, hol található fizikailag az a gép, amely a feladatot ténylegesen elvégzi.

George Stibitz már 1940-ben bemutatott valami meglepően hasonlót.

A Bell Telephone Laboratories New Yorkban működő **Complex Number Calculator** nevű relés számológépe komplex számokkal végzett műveleteket. A gép kezeléséhez távgépírót – teletype-ot – lehetett használni.

1940 szeptemberében az American Mathematical Society találkozót rendezett a New Hampshire állambeli Dartmouth College-ban. Stibitz is részt vett rajta, a számológép azonban **New Yorkban maradt**, több száz kilométerrel távolabb.

Stibitz a helyszínen felállított távgépírón megadta a számítás adatait. Ezeket a kommunikációs hálózat továbbította New Yorkba. A Bell Labs gépe elvégezte a műveletet, majd az eredményt visszaküldte Dartmouthba, ahol az megjelent a távgépírón.

A konferencia résztvevői tehát úgy használhatták a számológépet, hogy **fizikailag nem értek hozzá a géphez.**

Ami 1940-ben technikai különlegességnek számított, néhány évtizeddel később a számítástechnika egyik alapvető működési módjává vált.

A nagyszámítógépek korában terminálok kapcsolódtak távoli központi gépekhez.

Később megszülettek a számítógép-hálózatok.

Majd az internet.

Ma pedig a felhőszolgáltatások használatakor ismét ugyanaz történik: a felhasználó elküldi az adatokat egy távoli gépnek, az elvégzi a műveletet, majd visszaküldi az eredményt.

1940-ben tehát nemcsak egy számológépet mutattak be. Egy pillanatra felvillant a hálózati számítástechnika jövője is.

„Fel lehet-e éleszteni egy hetvenéves számítógépet?”

Egy számítógépet megőrizni nem ugyanaz, mint működőképes állapotban megőrizni.



A MESz–1 fennmaradt példányának helyreállítását ma lelkes szakemberek próbálják elvégezni. A feladatot azonban rendkívül megnehezíti, hogy a gép kábelezésének egy részét korábban levágták. Egy relés számítógépnél a huzalozás nem egyszerű tartozék: maga is a logikai rendszer része. A gép újjáélesztéséhez ezért az eredeti kapcsolási dokumentációk, rajzok és leírások legalább olyan fontosak lehetnek, mint a fennmaradt relék és mechanikus alkatrészek.

VI. rész – Az elektronikus számítógép megszületése

10. Elektronok a fogaskerekek helyett

A mechanikus számológépek történetében évszázadokon át ugyanaz jelentette a sebesség legfőbb korlátját: **az alkatrészeknek mozogniuk kellett.** Fogaskerekek fordultak el, tengelyek mozdultak, karok emelkedtek. A relé hatalmas előrelépést jelentett, hiszen már elektromos jel vezérelte a kapcsolást, de benne továbbra is egy apró fémdarab mozgott.

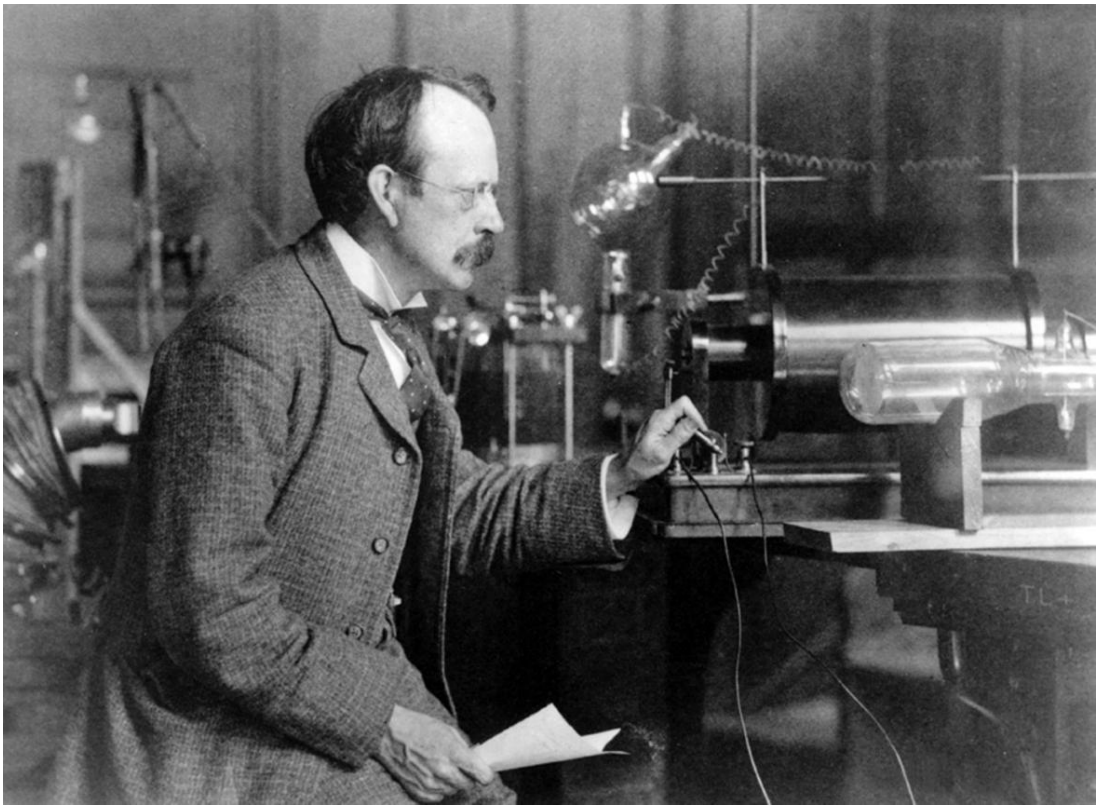
A következő nagy ugráshoz ezt az utolsó mechanikus mozgást is el kellett hagyni.

Az elektroncsőben már nem fogaskerék és nem kapcsolókar mozgott. **Elektronok áramlása végezte a kapcsolást.** Ezzel megszületett az elektronikus számítástechnika alapja.

10.1. Az elektron felfedezése

A 19. század végén a fizikusok különös jelenséget vizsgáltak. Ha egy részben légritkított üvegcső két elektródája közé nagy feszültséget kapcsoltak, a csőben fényjelenségek jelentek meg. A negatív elektródból, a **katódból** valamilyen láthatatlan sugárzás indult ki.

Ezt nevezték **katódsugárzásnak.**



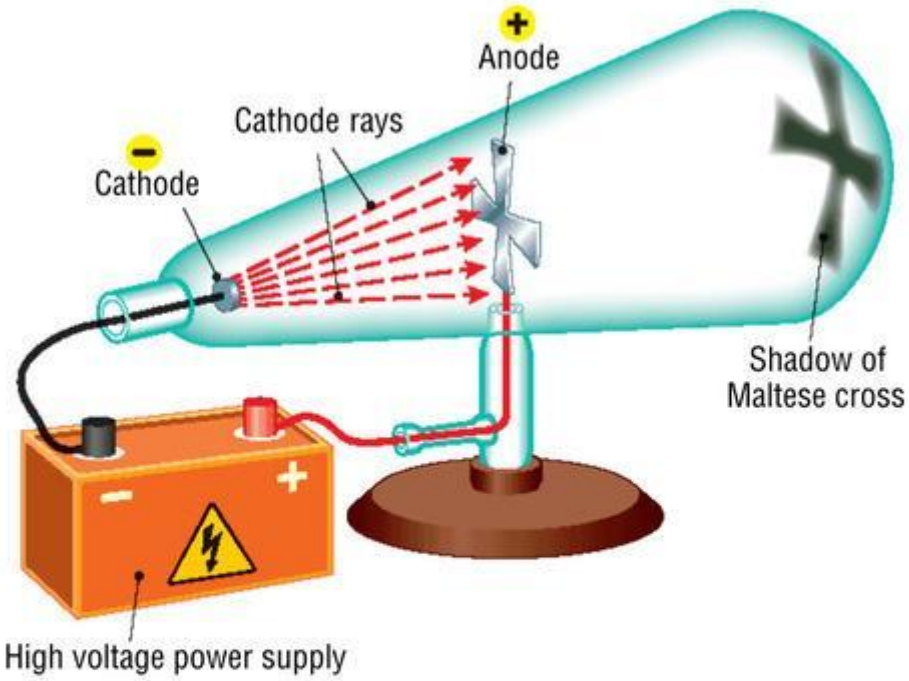
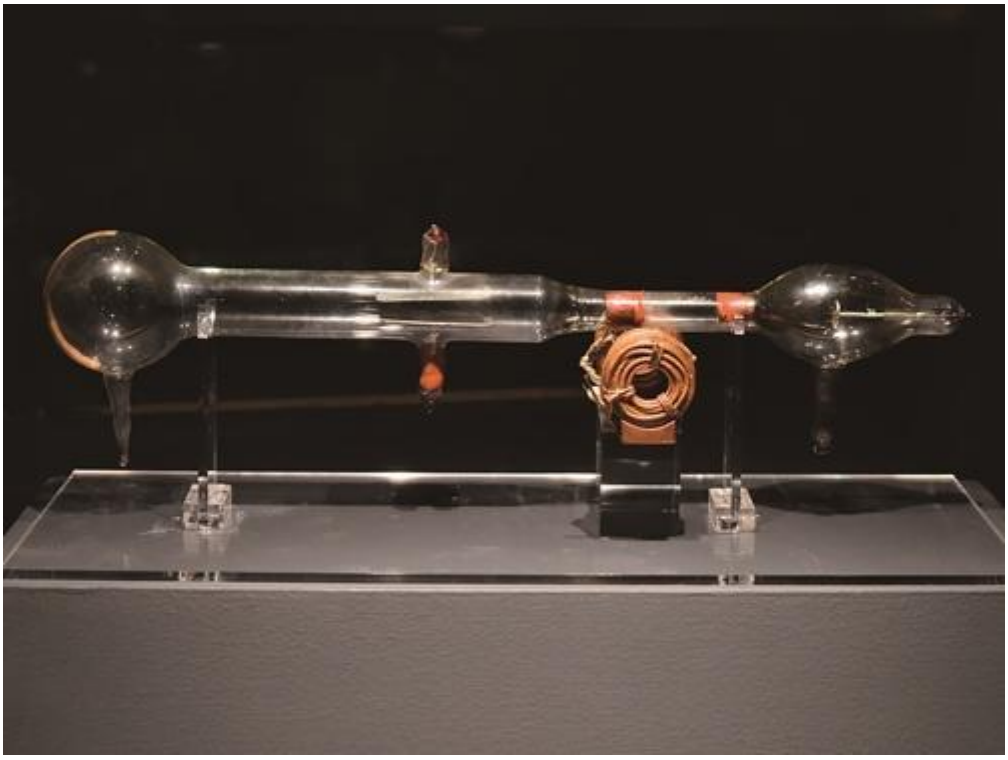


Fig. 2.5 Crookes showed that rays were coming from the negative electrode (cathode) and that these rays cast a shadow of a Maltese cross at the far end of the tube. He had discovered cathode rays.



5

1897-ben **J. J. Thomson** brit fizikus kísérletei megmutatták, hogy a katódsugarak valójában negatív elektromos töltésű, az atomnál sokkal kisebb részecskékből állnak.

Ezeket a részecskéket nevezzük **elektronoknak**.

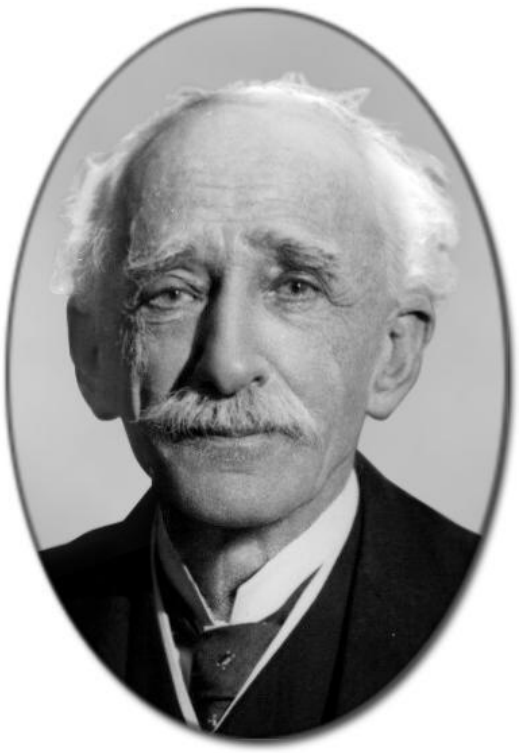
A felismerés alapvető jelentőségű volt. Kiderült, hogy az addig oszthatatlannak gondolt atomnak belső szerkezete van. A számítástechnika szempontjából azonban egy másik következmény vált döntővé: **az elektronok áramlása elektromos és mágneses térrel szabályozható.**

Ha pedig szabályozható, akkor kapcsoló is készíthető belőle.

A mechanikus kapcsolóban egy fémdarab mozdul el. A relében elektromágnes mozgatja ezt a fémdarabot. Az elektronikus kapcsolóban viszont **már semminek sem kell mechanikusan elmozdulnia**.

Ez lett az elektronika egyik alapgondolata.

10.2. Fleming és az elektroncső



A következő fontos lépést **John Ambrose Fleming** brit fizikus és villamosmérnök tette meg.

Fleming többek között Thomas Edison és Guglielmo Marconi munkájához is kapcsolódott. Ismerte azt a különös jelenséget, amelyet Edison már az 1880-as években megfigyelt izzólámpákkal végzett kísérletei során: a felhevített fémből elektronok léphetnek ki a környezetükbe. Ezt később **termikus elektronemissziónak** nevezték.

Fleming felismerte, hogy ezt a jelenséget elektromos áram irányítására lehet használni.

1904-ben szabadalmaztatta az úgynevezett **Fleming-szelepet**, az első gyakorlatban használható elektroncsöves egyenirányítót.





5

Az üvegcsőből nagyrészt kiszivattyúzták a levegőt, belsejében pedig két elektróda helyezkedett el:

katód → anód

A felhevített katódból elektronok léptek ki. Ha az anód pozitív feszültséget kapott, magához vonzotta őket, így áram folyt a csőben. Fordított polaritás esetén viszont az elektronok nem tudtak az ellenkező irányban áramolni.

A cső tehát elektromos szempontból **egyirányú szelepként** működött.

Innen származik Fleming elnevezése is: *valve*, vagyis szelep.

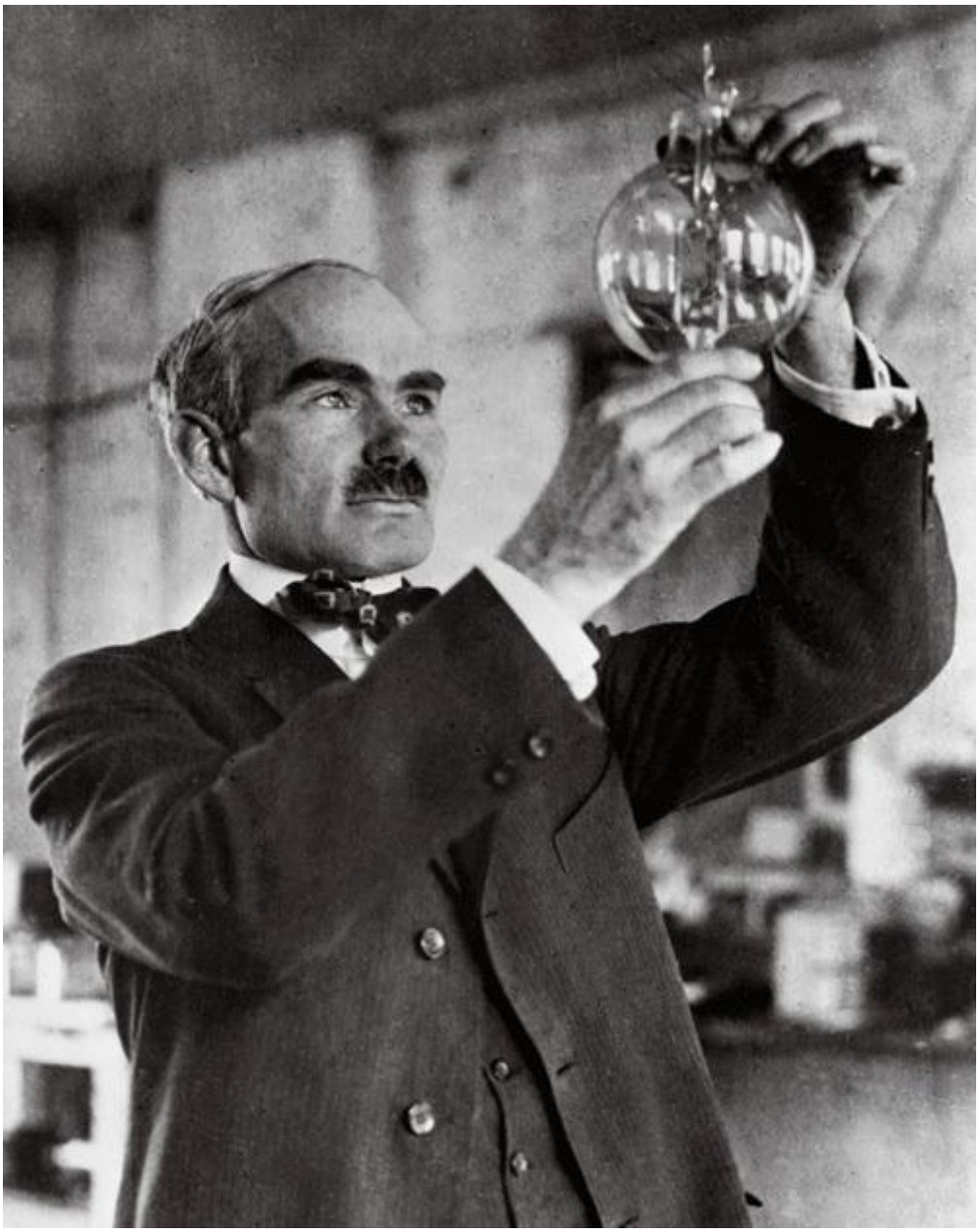
10.3. Dióda és trióda

A két elektródát tartalmazó elektroncsövet **diódának** nevezzük:

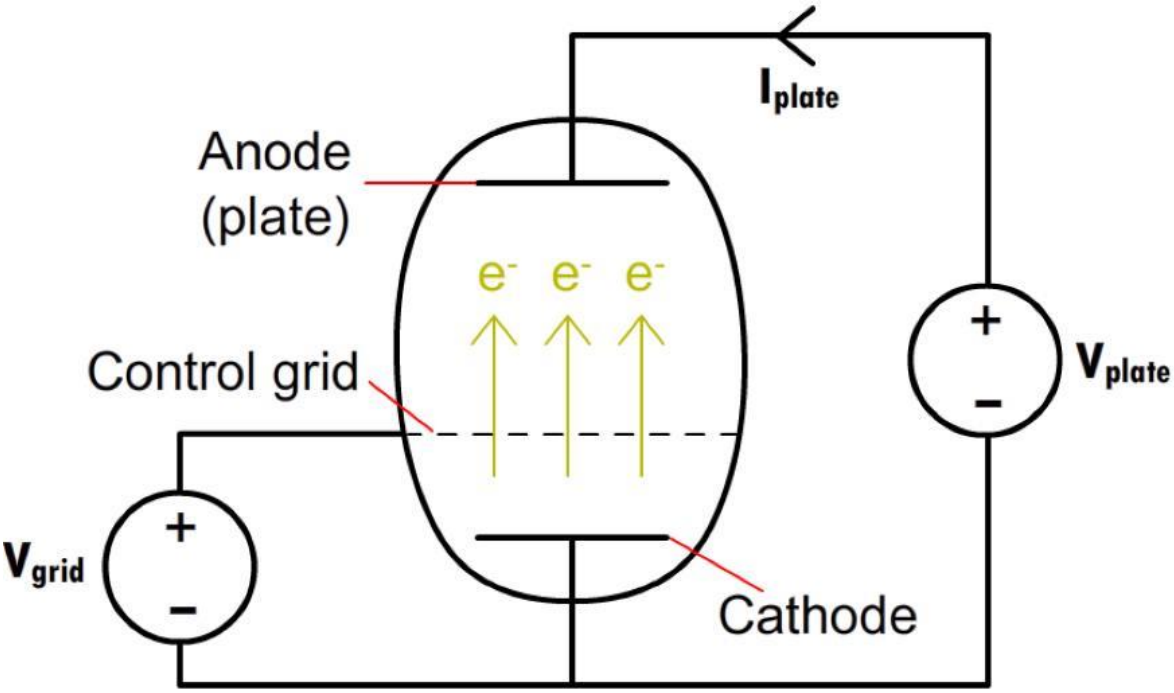
- **di-** = kettő,
- **-óda** = elektróda.

A dióda már alkalmas volt egyenirányításra és rádiójelek érzékelésére, de az igazi áttörést egy harmadik elektróda beépítése jelentette.

1906-ban az amerikai **Lee de Forest** a katód és az anód közé egy vékony fémrácsot helyezett. Az új csövet **Audionnak** nevezte; ebből fejlődött ki a **trióda.**







6

A triódának három elektródája van:

katód → vezérlőrács → anód

A döntő újdonság a **vezérlőrács** volt.

A rácsra adott kis feszültségváltozás nagymértékben megváltoztathatta a katód és az anód között folyó áramot. Egy kis elektromos jel tehát egy sokkal nagyobb áramot vezérelhetett.

Megszületett az **elektronikus erősítő**.

De ugyanennek az eszköznek volt egy másik, a számítástechnika számára még fontosabb tulajdonsága.

A trióda nemcsak erősítőként, hanem **kapcsolóként** is használható.

Ha megfelelő feszültséget adunk a vezérlőrácsra:

a cső vezet → BE

más feszültségnél:

a cső lezár → KI

Ez már feltűnően emlékeztet a digitális technika két állapotára:

0 és 1.

10.4. Elektronikus kapcsolás

A relé szintén képes két állapotot megkülönböztetni:

érintkező nyitva → 0
érintkező zárva → 1

A relének azonban ehhez fizikailag mozgatnia kell az érintkezőjét.

Az elektroncsőben nincs ilyen mozgó kapcsolóelem. A vezérlőrács feszültsége szabályozza az elektronok áramlását.

Ez első pillantásra talán csak technikai különbségnek tűnik, valójában azonban **sebességi forradalom** volt.

Elektroncsövekből ugyanúgy lehetett logikai áramköröket építeni, mint korábban relékből. Megvalósíthatóvá váltak az alapvető logikai műveletek, például:

ÉS – VAGY – NEM

Ezek kombinációiból pedig összeadók, számlálók, tárolóelemek és végül teljes számológépek építhetők.

A számítógép működésének logikai elve tehát nem feltétlenül változott meg. **A megvalósítás fizikai eszköze változott meg radikálisan.**

Ez a számítástechnika történetében később még többször megismétlődött:

relé → elektroncső → tranzisztor → integrált áramkör → mikroprocesszor

Mindegyik lépcsőben ugyanazoknak a logikai műveleteknek egyre kisebb, gyorsabb, olcsóbb és megbízhatóbb fizikai megvalósítása született meg.

10.5. Miért volt gyorsabb az elektroncső a relénél?

A válasz meglepően egyszerű:

mert nem kellett megvárni, amíg valami odébb mozdul.

A relé működésekor először áram folyik az elektromágnes tekercsében. Mágneses tér keletkezik, amely elmozdít egy vasból készült horgonyt. Az elmozduló alkatrész végül nyitja vagy zárja az érintkezőket.

Mindez időt vesz igénybe.

Ráadásul az érintkezőknek tömegük van, tehetetlenségük van, rugók mozgatják őket, és kapcsoláskor akár vissza is pattanhatnak. Az érintkezők kopnak, oxidálódnak és elhasználódnak.

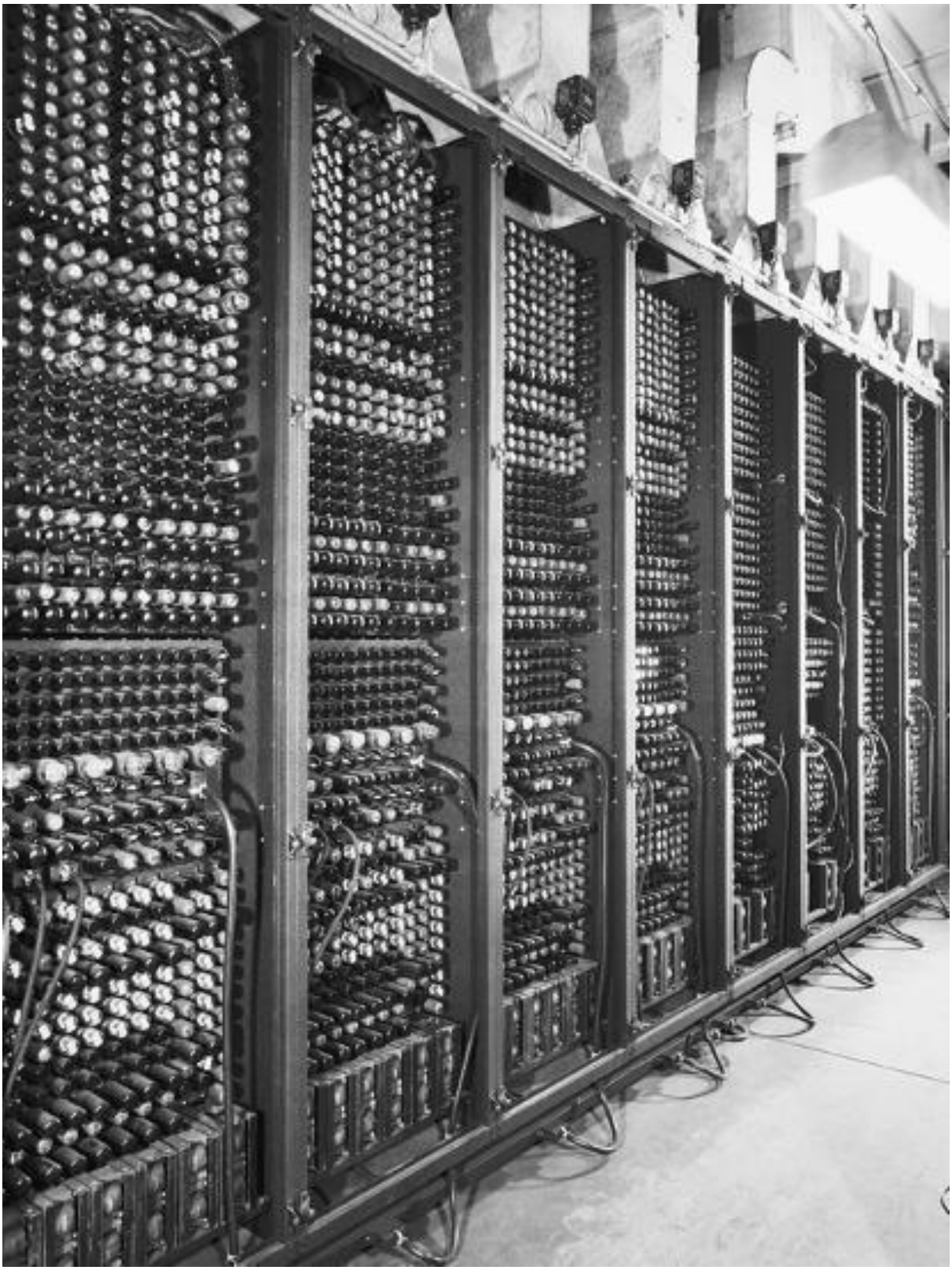
Az elektroncsőben ezzel szemben nincs mozgó kapcsolóalkatrész.

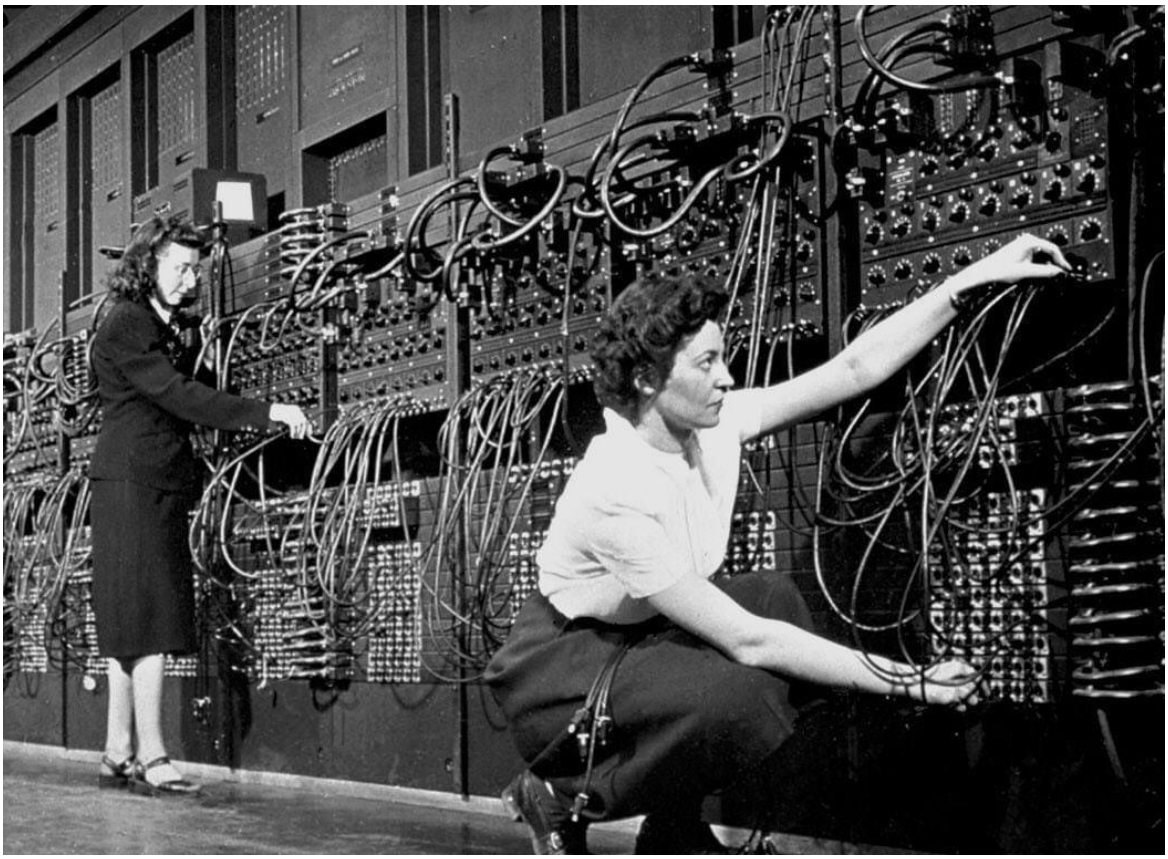
Relé	Elektroncső
mechanikus mozgás szükséges	nincs mechanikus kapcsolómozgás
ezredmásodperces kapcsolás jellemző	mikrosekundumos nagyságrend is elérhető
érintkezők kopnak	nincs kapcsolóérintkező
érintkezőpattogás lehetséges	nincs érintkezőpattogás
sebességét mechanika korlátozza	sebességét elektromos folyamatok korlátozzák

A különbség nagyságrendi volt.

Egy relés számítógép másodpercenként néhány vagy néhány tíz összetettebb műveletet végezhetett, míg az elektroncsöves gépek már **ezres nagyságrendű műveleti sebességet** érhettek el.

Ez tette lehetővé az olyan gépeket, mint az **ENIAC**, amelyben közel 18 000 elektroncső dolgozott.





Az elektroncső azonban korántsem volt tökéletes. Nagy volt, sok energiát fogyasztott, rengeteg hőt termelt, és élettartama is korlátozott volt. Egy több ezer csövet tartalmazó számítógép hűtése és karbantartása komoly feladatot jelentett.

Mégis az elektroncső tette lehetővé azt a döntő lépést, amikor a számítógép **elektromechanikus gépből valóban elektronikus géppé vált.**

És ezzel egy új korszak kezdődött.

A fogaskerék után a relé még mozgott. Az elektroncsőben már csak az elektronok mozogtak.

11. A háború számítógépei

A számítógép fejlődését nem kizárólag a háború hajtotta előre. A matematikusok, mérnökök és feltalálók már korábban is keresték a gyorsabb számolás lehetőségét. A második világháború azonban olyan problémákat teremtett, amelyek megoldásáért hirtelen szinte korlátlan erőforrásokat lehetett mozgósítani.

Tüzérségi lőtáblázatok kellettek. Repülőgépek pályáját kellett számítani. Kódolt rádióüzeneteket kellett megfejteni. Atomfizikai számításokat kellett elvégezni.

A számítás sebessége stratégiai jelentőségűvé vált.

A háború alatt és közvetlenül előtte ezért egymástól függetlenül több olyan gép született, amely már a modern számítógép valamelyik alapvető tulajdonságát hordozta.

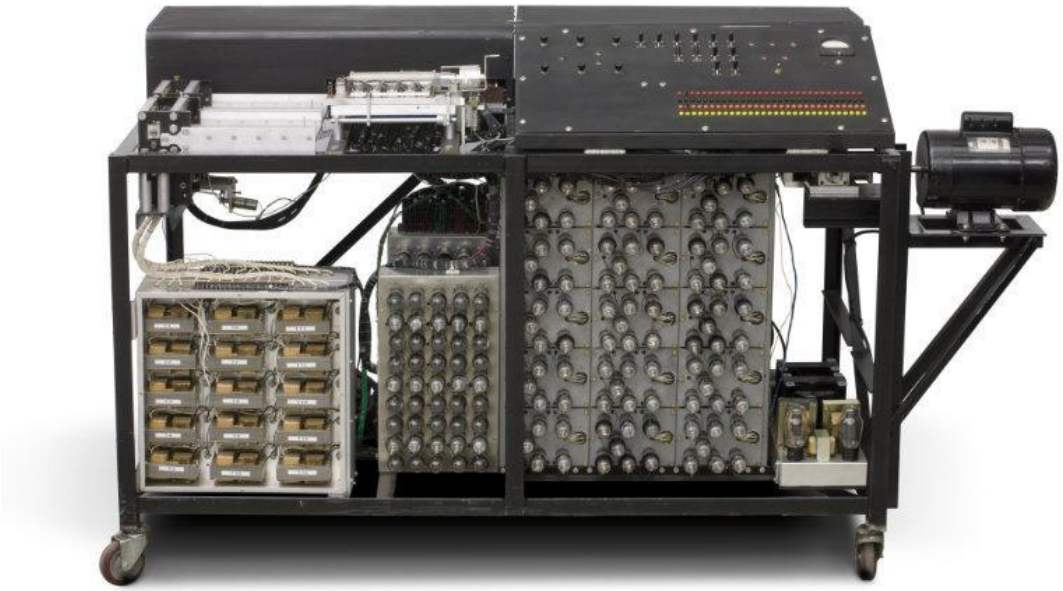
11.1. Atanasoff és Berry – ABC

Az 1930-as évek végén az Iowa State College fizikusa, **John Vincent Atanasoff** olyan matematikai problémákkal foglalkozott, amelyek nagy lineáris egyenletrendszerek megoldását igényelték.

A hagyományos mechanikus számológépek ehhez túlságosan lassúak voltak.

Atanasoff radikálisan más megoldást keresett.

1939 körül Clifford Berryvel együtt hozzáfogott egy különleges elektronikus számológép megépítéséhez. A gépet később **Atanasoff–Berry Computernek**, röviden **ABC-nek** nevezték.



Az ABC több szempontból megelőzte korát.

Elektroncsöveket használt a számításokhoz.

Kettes számrendszerben dolgozott.

Elektronikusan végezte az aritmetikai műveleteket.

Memóriájában kondenzátorokat alkalmazott, amelyek töltését periodikusan fel kellett frissíteni – ez az elv bizonyos értelemben a későbbi dinamikus memóriák gondolatát előlegezte meg.

Az ABC azonban nem volt általános célú számítógép. Egy konkrét matematikai feladatra, lineáris egyenletrendszerek megoldására tervezték, és **nem volt programozható a mai értelemben**.

Ezért egyszerre igaz két állítás:

az ABC az elektronikus digitális számítástechnika egyik legfontosabb úttörője volt, de nem tekinthető teljes értékű, általános célú számítógépnek.

Atanasoff munkája később az ENIAC történetében is fontos szerepet kapott. John Mauchly 1941-ben meglátogatta Atanasoffot és megismerkedett az ABC-vel. Évtizedekkel később az ENIAC szabadalmával kapcsolatos perben ennek komoly jelentősége lett.

ABC: miért nem valósult meg?

Az ABC történetének egyik legérdekesebb része, hogy egy rendkívül előremutató gép **nem jutott el a teljes befejezésig és szélesebb körű alkalmazásig.**

Atanasoff és Berry 1939–1942 között dolgozott rajta. A gép működőképes részei bizonyították az alapelvek helyességét, de a második világháború közbeszólt.

Atanasoff katonai kutatásokba kapcsolódott be, Berry pedig más munkát kapott. A projekt elvesztette két legfontosabb fejlesztőjét.

A gépet később szétszerelték, alkatrészeinek nagy része elveszett.

Az ABC így nem indított közvetlen számítógép-generációt. Jelentőségét csak jóval később ismerték fel.

1973-ban az amerikai **Honeywell v. Sperry Rand** perben a bíróság érvénytelennek nyilvánította az ENIAC alapvető szabadalmát. Az ítéletben Atanasoff korábbi munkája is fontos szerepet játszott.

A számítástechnika története ezzel különös fordulatot vett:

egy szinte elfelejtett és szétszerelt gép évtizedekkel később visszatért, és átírta az „első elektronikus számítógép” történetét.

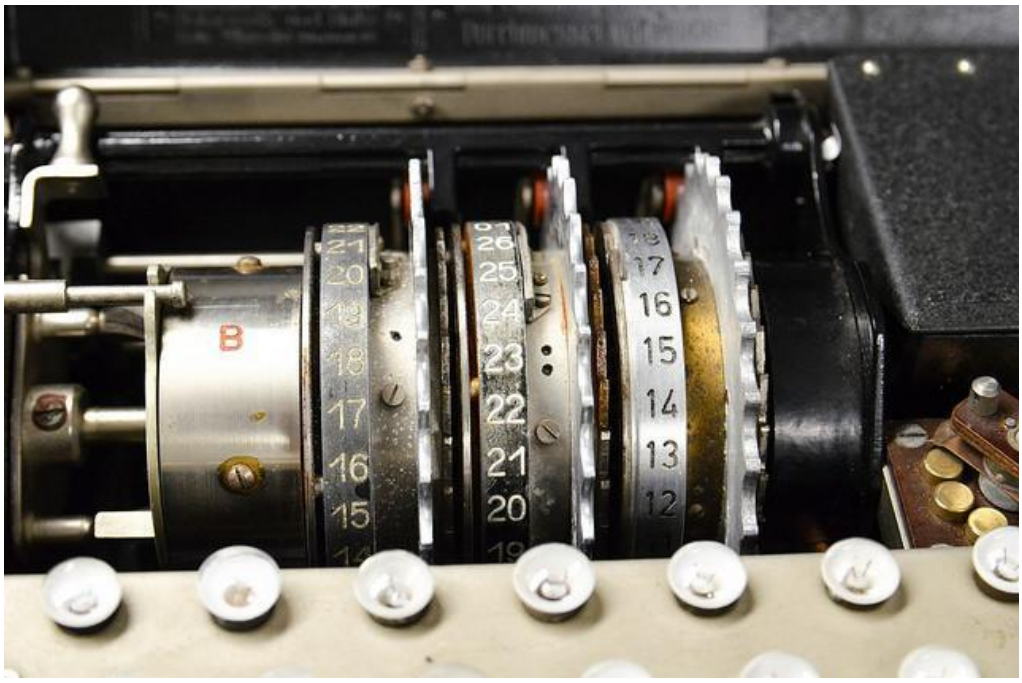
11.2. Enigma

A háború egyik legfontosabb számítástechnikai problémája nem számolási, hanem **információs probléma** volt.

Hogyan lehet elolvasni az ellenség titkos üzeneteit?

A német hadsereg erre a célra többek között az **Enigma** titkosító gépet használta.





Az Enigma külsőre írógéphez hasonlított. A kezelő lenyomott egy billentyűt, mire egy másik betű lámpája gyulladt ki.

A háttérben azonban elektromechanikus rotorok bonyolult rendszere dolgozott.

Minden billentyűleütés után legalább egy rotor elfordult, ezért ugyanaz a betű a következő alkalommal már más betűvé alakulhatott.

Ha például az első **A** betűből **G** lett, a következő A-ból lehetett **P**, majd **X.**

A titkosítás tehát folyamatosan változott.

A rotorok sorrendje és kezdőállása, valamint a csatlakozótábla beállítása óriási számú kombinációt eredményezett.

A németek joggal gondolhatták, hogy az Enigma feltörhetetlen.

Nem volt az.

11.3. Marian Rejewski és a lengyel bomba

Az Enigma megfejtésének történetét sokáig szinte kizárólag Bletchley Parkkal és Alan Turinggal azonosították.

Pedig a döntő első áttörést **Lengyelországban** érték el.

A lengyel hírszerzés már az 1930-as évek elején felismerte, hogy a modern gépi titkosítás ellen újfajta szakemberekre van szükség. Nemcsak nyelvészeket és klasszikus kódfejtőket, hanem **matematikusokat** is bevontak.

Közülük a legismertebb **Marian Rejewski** volt, aki Jerzy Różyckivel és Henryk Zygalskival dolgozott együtt.





Rejewski a permutációelmélet segítségével matematikailag rekonstruálta az Enigma működését.

Ez óriási szellemi teljesítmény volt.

A lengyelek nem elégedtek meg a kézi kódfejtéssel. Olyan elektromechanikus berendezéseket készítettek, amelyek automatikusan keresték a lehetséges beállításokat.

Az egyik ilyen eszköz volt a **bomba kryptologiczna**, vagyis kriptológiai bomba.

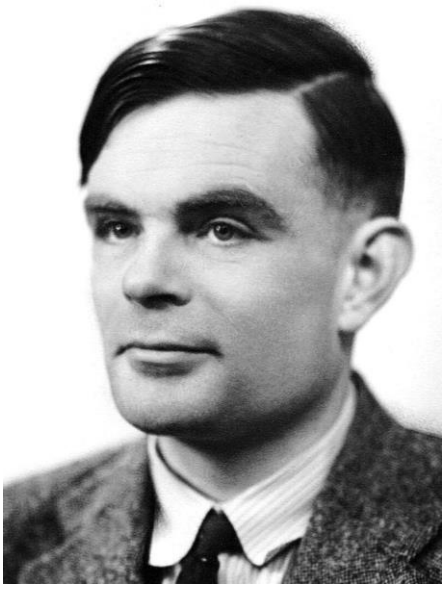
1939 nyarán, amikor a háború veszélye már közvetlen volt, a lengyelek átadták eredményeiket, módszereiket és Enigma-rekonstrukcióikat brit és francia kollégáiknak.

Néhány héttel később Németország megtámadta Lengyelországot.

A brit kódfejtők tehát **nem a nulláról kezdték az Enigma elleni harcot.**

A stafétabotot a lengyelektől vették át.

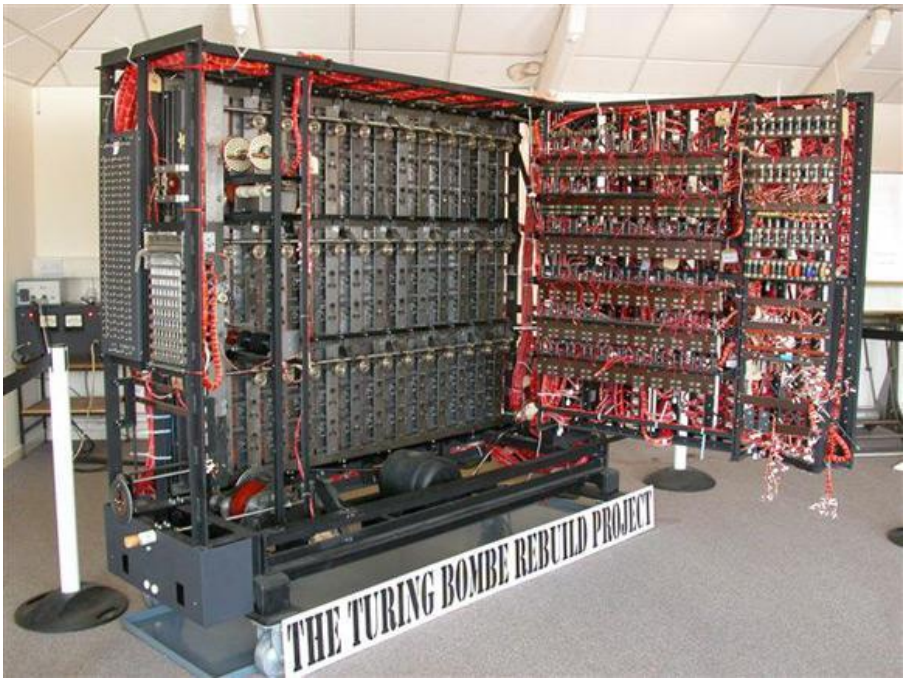
11.4. Alan Turing és a Bombe



Nagy-Britanniában a titkosított német rádióforgalom megfejtésének központja a London közelében fekvő **Bletchley Park** lett.

Itt matematikusok, nyelvészek, sakkozók, mérnökök és más szakemberek ezrei dolgoztak.

Közöttük volt **Alan Turing**.



Turing és munkatársai – különösen Gordon Welchman – a lengyel eredményekre építve új elektromechanikus gépet fejlesztettek.

Ez lett a brit **Bombe**.

Fontos, hogy a lengyel *bomba* és a brit *Bombe* **nem ugyanaz a gép**. A brit konstrukció más elven és más keresési módszerekkel működött, bár a korábbi lengyel munka nélkül aligha fejlődhetett volna ilyen gyorsan a brit kódfejtés.

A Bombe nem úgy működött, hogy egyszerűen végigpróbálta az Enigma összes lehetséges kulcsát. A kódfejtők feltételezett szövegrészleteket – úgynevezett **cribeket** – kerestek, majd ezekből logikai következtetésekkel szűkítették a lehetséges beállításokat.

A gép hatalmas sebességgel vizsgálta a lehetőségeket.

A megfelelő beállítás megtalálása után az aznapi német üzenetek egy része megfejthetővé vált.

Az így megszerzett hírszerzési információk az **Ultra** fedőnév alatt jutottak el a szövetséges vezetéshez.

Enigma: amikor a matematika fegyverré vált

Az Enigma történetének talán legfontosabb tanulsága nem maga a gép.

Hanem az, hogy **egy háborúban az információ ugyanolyan fontos fegyver lehet, mint a tank vagy a repülőgép**.

A németek technikai eszközzel védték az információt.

A lengyelek matematikával támadták meg.

A britek matematikát, mérnöki tudást és gépesített keresést kapcsoltak össze.

Így alakult ki egy újfajta fegyverkezési verseny:

titkosítás → kódfejtés → erősebb titkosítás → gyorsabb kódfejtés.

Ennek modern változata ma is zajlik.

A kriptográfia ma bankkártyáinkat, internetes kapcsolatainkat és digitális adatainkat védi. A kódfejtés pedig már nem rotorokkal, hanem számítógépekkel folyik.

Az Enigma történetében ezért valami sokkal nagyobb dolog kezdődött:

a matematika, az információ és a számítástechnika stratégiai fegyverré vált.

11.5. Colossus

Bletchley Parkban azonban nemcsak Enigma-üzeneteket fejtettek.

A német főparancsnokság magasabb szintű kommunikációjában más, még bonyolultabb titkosító rendszereket is használtak. A britek az egyik ilyen távgépíró-alapú rendszert **Tunny** néven ismerték; ehhez kapcsolódott a Lorenz SZ40/42 titkosítógép.

A megfejtéshez hatalmas mennyiségű adat gyors feldolgozására volt szükség.

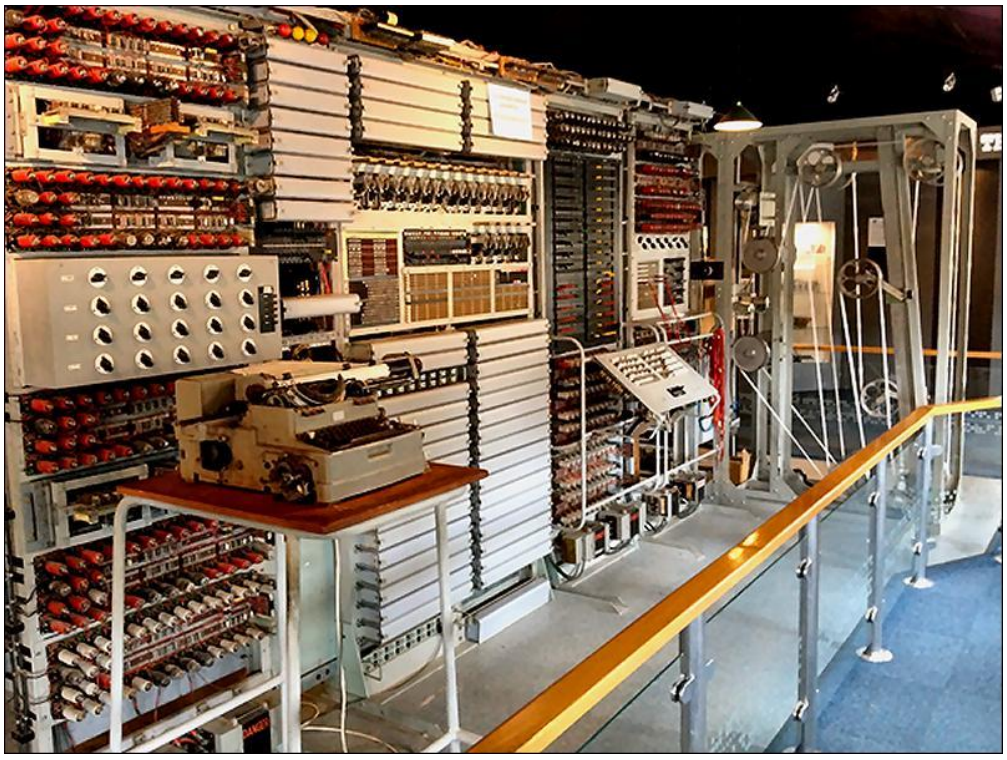
Max Newman matematikus csoportjában erre kezdtek gépi megoldást keresni. A mérnöki megvalósítás kulcsfigurája **Tommy Flowers**, a brit posta Dollis Hill-i kutatóállomásának mérnöke lett.

Flowers merész megoldást javasolt: **nagyszámú elektroncsövet kell használni.**

Sokan kételkedtek abban, hogy egy több mint ezer elektroncsövet tartalmazó gép megbízhatóan működhet.

Flowers megépítette.

A gép neve **Colossus** lett.



Az első Colossus 1944 elején állt munkába.

Elektronikus áramkörei rendkívül gyorsan dolgoztak, az adatokat pedig nagy sebességű lyukszalagról olvasták.

A Colossus azonban fontos szempontból különbözött a későbbi számítógépektől.

Nem általános célú gép volt.

Nem tárolt programú számítógép volt.

Viszont **elektronikus, digitális és programozható** berendezés volt, amely logikai műveleteket végzett.

Ezért gyakran úgy jellemzik, mint a világ első programozható elektronikus digitális számítógépét – azzal a fontos megszorítással, hogy speciális feladatra készült.

Titkos volt, ezért kimaradt a történelemből: a Colossus

A Colossus történetének különös sors jutott.

Működött – de évtizedeken át szinte senki sem tudhatott róla.

A háború után a brit kormány szigorúan titokban tartotta a Bletchley Parkban végzett munkát. A Colossus gépek többségét szétszerelték, dokumentációjuk jelentős részét megsemmisítették vagy titkosították.

Tommy Flowers és munkatársai pedig nem beszélhettek arról, mit építettek.

Ennek következtében amikor a háború után megírták a számítástechnika korai történetét, **a Colossus gyakorlatilag hiányzott belőle.**

Az amerikai ENIAC világhírű lett.

A Colossus titok maradt.

Csak az 1970-es évektől kezdett nyilvánosságra kerülni, milyen fejlett elektronikus számítógépet működtettek már 1944-ben Bletchley Parkban.

A történet fontos figyelmeztetés:

a technikatörténet nem mindig azt jegyzi fel elsőként, aki valóban első volt – hanem azt, akiről tudni lehetett.

11.6. ENIAC

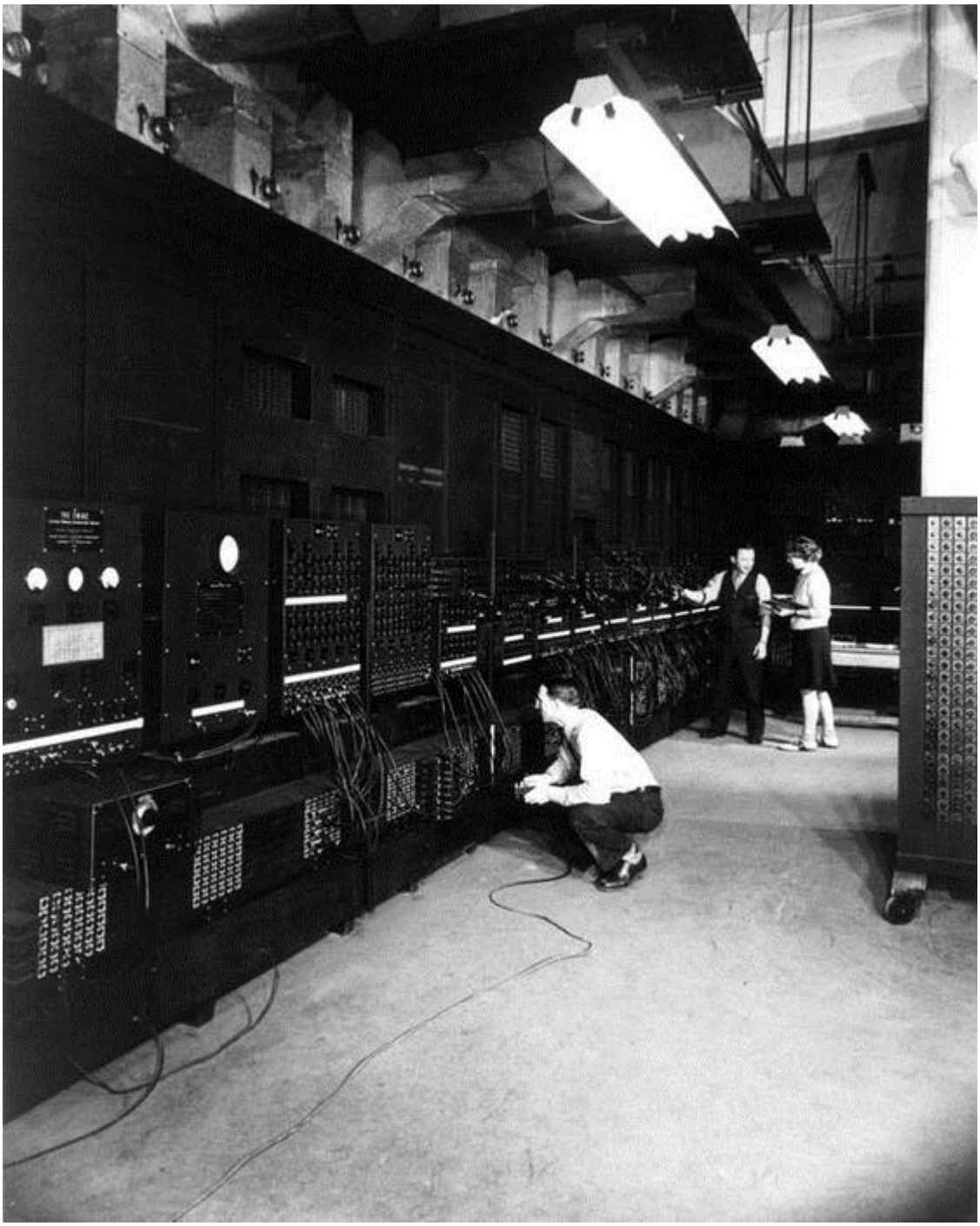
Miközben Nagy-Britanniában titkos kódfejtő gépek készültek, az Egyesült Államokban egy másik probléma sürgette a fejlesztést.

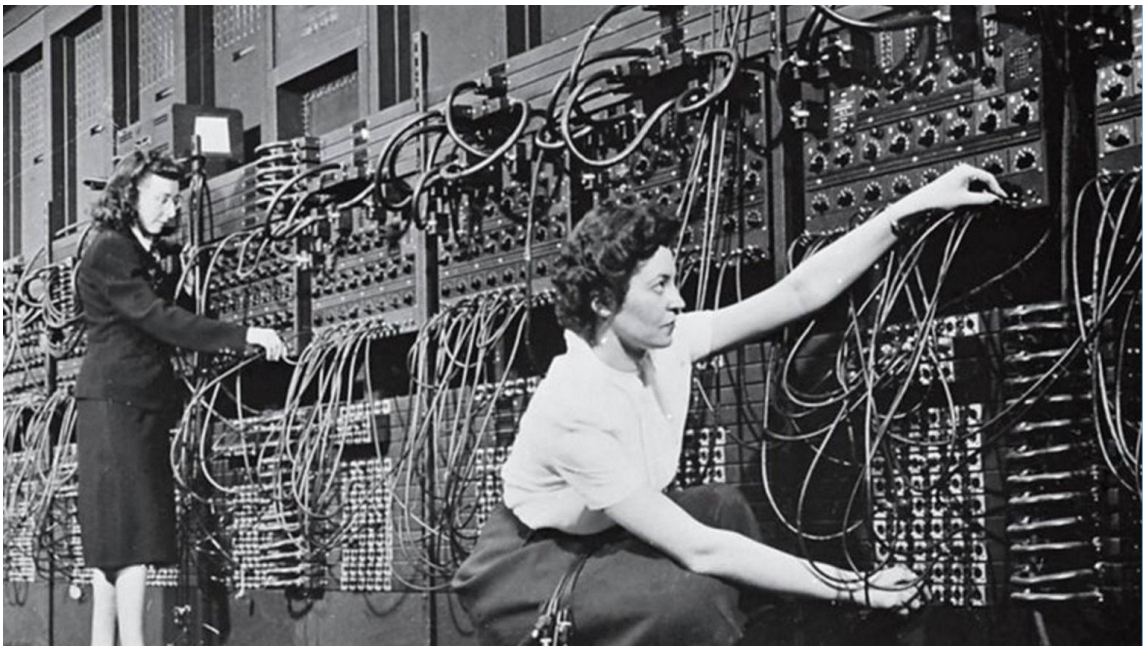
A hadseregnek rengeteg **tüzérségi lőtáblázatra** volt szüksége.

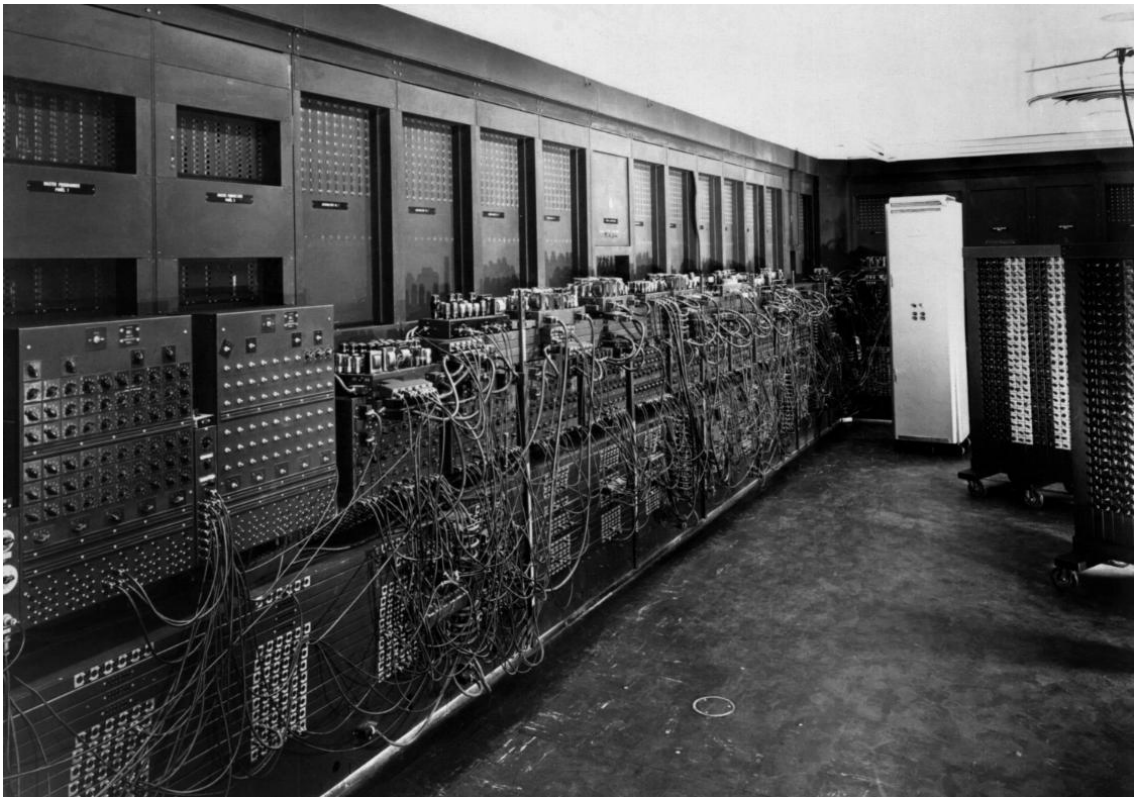
Ezek kiszámítása rendkívül időigényes volt.

A Pennsylvaniai Egyetem Moore School of Electrical Engineering intézetében **John Mauchly** és **J. Presper Eckert** olyan elektronikus gépet tervezett, amely nagyságrendekkel gyorsabban végezhette el ezeket a számításokat.

Ez lett az **ENIAC – Electronic Numerical Integrator and Computer**.







Az ENIAC hatalmas gép volt.

Mintegy **18 000 elektroncsövet**, több ezer diódát, ellenállást, kondenzátort és relét tartalmazott. Tömege megközelítette a 30 tonnát, és körülbelül 150 kilowatt elektromos teljesítményt igényelt.

De elképesztően gyors volt korának gépeihez képest.

Másodpercenként körülbelül **5000 összeadást** tudott elvégezni.

A relés gépekhez képest ez valódi sebességi forradalmat jelentett.

Az ENIAC azonban még nem a mai értelemben vett tárolt programú számítógép volt. Új feladatra történő átállításához kapcsolókat kellett beállítani és kábeleket kellett átkötni.

A programozás szó szerint **a gép újrahuzalozását** is jelenthette.

Ebben a munkában fontos szerepet játszott hat női programozó: **Kathleen McNulty, Frances Bilas, Betty Jean Jennings, Ruth Lichterman, Elizabeth Snyder és Marlyn Wescoff**. Munkájuk jelentőségét – hasonlóan több más korai női számítástechnikai úttörőhöz – csak később kezdték megfelelően értékelni.

Az ENIAC 1945 végére készült el, és 1946-ban mutatták be nyilvánosan. A háború addigra véget ért, így eredeti feladatára már nem tudta érdemben befolyásolni a harcokat.

De más számításokhoz hamarosan felhasználták.

Többek között az atom- és később a hidrogénbomba fejlesztéséhez kapcsolódó számításokban is szerepet kapott.

Akkor melyik volt az első?

E fejezet után szinte elkerülhetetlen a kérdés:

melyik volt az első elektronikus számítógép?

Erre nincs egyetlen, minden szempontból helyes válasz.

Az **ABC** elektronikus és digitális volt, de speciális feladatra készült és nem volt általánosan programozható.

A **Colossus** elektronikus, digitális és programozható volt, de speciális kódfejtési feladatokra tervezték.

Az **ENIAC** elektronikus, digitális és általános célú volt, de eredetileg nem tárolt programmal működött.

Ezért az „első számítógép” kérdésére adott válasz mindig attól függ, **mit értünk számítógépen**.

És még valami feltűnő.

A fogaskerekes számológépek évszázadokon át elsősorban a kereskedelmet, a tudományt és a mérnöki munkát szolgálták. Az első nagy elektronikus gépek fejlesztését viszont jelentős részben a háború gyorsította fel.

A számítás sebessége ekkor vált először szó szerint élet-halál kérdésévé.

12. A modern számítógép megszületik

12.1. Alan Turing univerzális gépe

Az előző fejezetben olyan gépekkel találkoztunk, amelyek gyorsabban számoltak vagy hatékonyabban segítették a kódfejtést, mint az ember. A modern számítógép megszületéséhez azonban egy elméleti kérdést is tisztázni kellett: mit jelent egyáltalán az, hogy valamit géppel kiszámítunk?

Alan Turing brit matematikus már 1936-ban, évekkel a háborús kódfejtő munkája előtt ezzel foglalkozott. Azt vizsgálta, hogyan írható le pontosan egy szabályok szerint végzett számítás. Ehhez egy képzeletbeli, rendkívül egyszerű gépet alkotott. Ezt nevezzük ma Turing-gépnek.

Képzeljünk el egy négyzetekre osztott szalagot, amelynek minden mezőjén egy jel állhat, vagy amely üresen maradhat. A géphez egy olvasó-író fej tartozik: egyszerre egyetlen mezőt vizsgál, az ott található jelet átírhatja, majd egy mezővel balra vagy jobbra léphet. Működését egy véges szabálykészlet irányítja. A következő lépés attól függ, milyen jelet olvas, és milyen belső állapotban van.

Egy szabály például előírhatja: ha a gép adott állapotban 0-t talál, írjon helyette 1-et, lépjen jobbra, és váltson másik állapotba. Sok ilyen egyszerű lépésből már összetett számítás állhat össze.

A szalag egyszerre szolgál az adatok és a részeredmények tárolására. Az elméleti modellben szükség szerint korlátlanul folytatható, így a vizsgálatot nem egy valódi gép memóriájának mérete korlátozza. Turing ugyanis elsősorban azt akarta megérteni, mi számítható ki elvileg, ha elegendő idő és tárhely áll rendelkezésre.

A döntő felismerés ezután következett.

Egy ilyen gép szabályait is le lehet írni jelek sorozatával. Ha pedig ezt a leírást egy másik gép el tudja olvasni és értelmezni, akkor utánozhatja az előbbi működését. Turing megmutatta, hogy készíthető olyan **univerzális gép**, amely bármely más Turing-gép számítását képes végrehajtani, ha megkapja annak megfelelően kódolt leírását és bemenő adatait.

Ugyanaz a gép tehát különböző feladatokat oldhat meg. Ehhez a szalagon megadott leírást kell megváltoztatni, miközben az univerzális gép saját működési szabályai változatlanok maradnak.

Mai szemmel ebben már könnyű felismerni a számítógép és a program kapcsolatát. Egy laptopon ugyanaz a processzor dolgozik akkor, amikor táblázatot számolunk, fényképet szerkesztünk vagy zenét hallgatunk. A feladatot a futtatott program határozza meg. Turing ennek az általánosságnak adott pontos matematikai megfogalmazást, még a modern elektronikus számítógépek megépítése előtt.

Az „univerzális” azonban nem jelent mindenhatót. Nem állítja, hogy minden kérdés megválaszolható, vagy hogy minden számítás belátható idő alatt elvégezhető. Vannak

algoritmikusan eldönthetetlen problémák is. Nincs például olyan általános eljárás, amely minden lehetséges programról és bemenetről biztosan megállapítaná, hogy a program egyszer befejezi-e működését, vagy örökké futni fog.

Turing képzeletbeli gépe nem egy megépítendő elektronikus számítógép tervrajza volt. Nem mondta meg, milyen alkatrészeket használjanak, hogyan épüljön fel a memória, vagy miként gyorsítsák a műveleteket. A számítás logikai alapját tette világossá.

Különösen messzire vezetett az a felismerés, hogy **az utasítások leírása maga is kezelhető adatként**. Az univerzális gép számára egy másik gép működésének leírása ugyanolyan olvasható jelsorozat, mint a feldolgozandó számok.

Ez előkészítette a modern számítástechnika egyik legfontosabb gondolatát. Amikor a mérnökök gyors elektronikus gépeket kezdtek építeni, a gyakorlatban is felmerült: hogyan lehetne az utasításokat könnyen tárolni, betölteni és kicserélni? A következő lépést a tárolt programú számítógép jelentette.

Forrás: Alan Turing eredeti tanulmánya – On Computable Numbers.

12.2. A tárolt program gondolata

Az ENIAC rendkívül gyors volt, de volt egy komoly gyengesége.

Ha más feladatot akartak megoldani vele**, át kellett programozni a gépet – részben fizikailag**. Kapcsolókat állítottak át, kábeleket csatlakoztattak más helyre. Egy összetett feladat előkészítése akár napokig is eltarthatott.

Ez különös ellentmondást eredményezett: maga a számítás villámgyors lehetett, miközben a gép felkészítése a számításra rendkívül lassú volt.

A megoldás egyszerűnek hangzik, de forradalmi következménye lett:

Miért ne tárolhatnánk a programot ugyanabban az elektronikus memóriában, amelyben az adatokat tároljuk?

A program ekkor már nem kábelek elrendezése vagy kapcsolók állása.

A program maga is adat.

Utasítások sorozata, amelyet számokkal lehet ábrázolni, memóriába lehet írni, ki lehet olvasni, módosítani lehet, sőt akár egy másik program is feldolgozhatja.

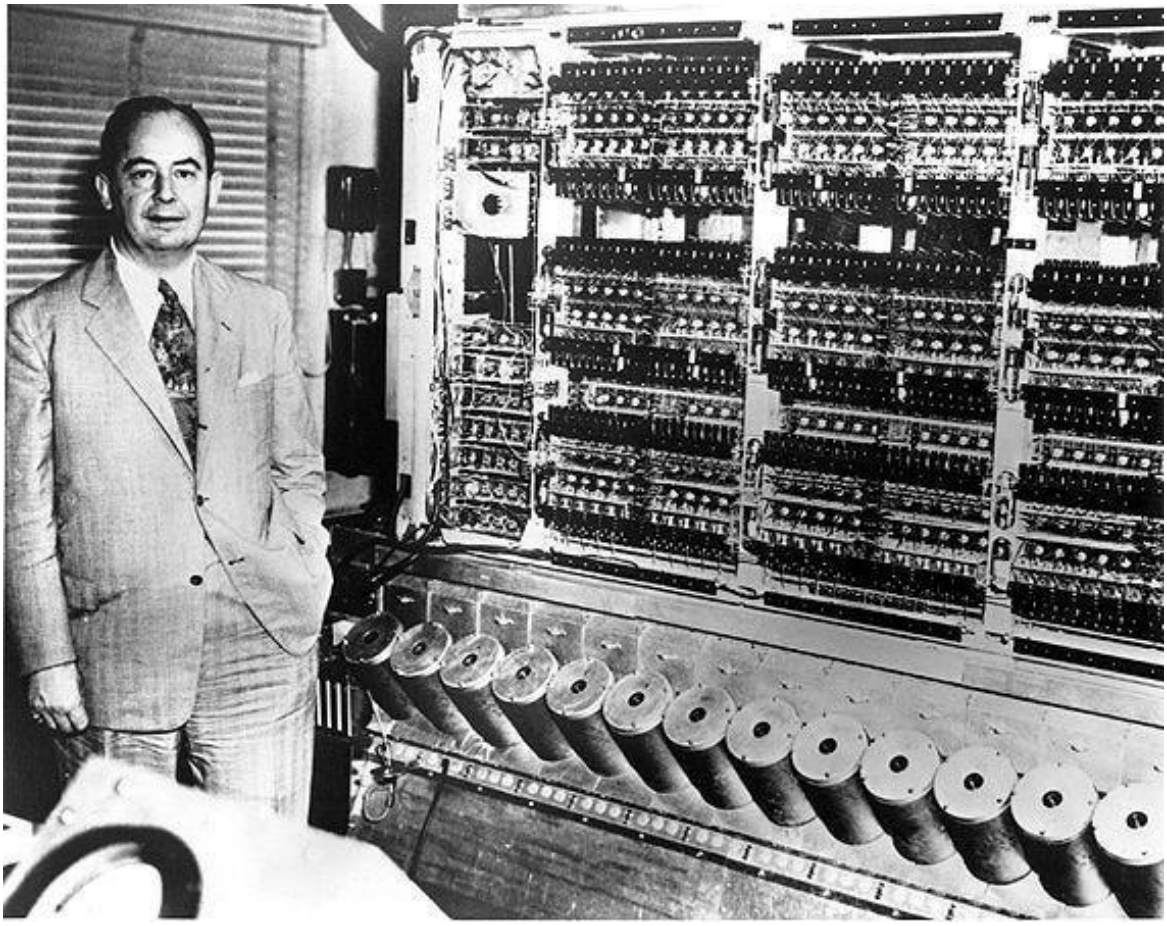
Ez a modern számítógép egyik legfontosabb alapelve.

A következménye messzebbre vezetett, mint első pillantásra látszott. Ugyanaz a fizikai gép egyik pillanatban differenciálegyenleteket oldhat meg, később adatokat rendezhet, majd – megfelelő perifériákkal – szöveget dolgozhat fel vagy zenét játszhat.

Nem a gépet kell átépíteni. Elég a memóriában lévő programot kicserélni.

12.3. Neumann János

A modern számítógép történetének egyik legismertebb alakja magyar származású matematikus: **Neumann János**, nemzetközileg John von Neumann.



1903-ban született Budapesten. Már gyermekkorában rendkívüli matematikai képességekről tett tanúbizonyságot. Később a matematika számos területén alkotott maradandót: foglalkozott halmazelmélettel, kvantummechanikával, operátorelmélettel, játékelmélettel, numerikus módszerekkel és később az automaták elméletével is.

1930-ban az Egyesült Államokba került, majd a princetoni Institute for Advanced Study professzora lett.

A második világháború alatt katonai kutatásokban vett részt, és a Manhattan-terv munkájába is bekapcsolódott. Az ott szükséges rendkívül bonyolult numerikus számítások miatt egyre jobban érdekelni kezdték az elektronikus számológépek.

1944-ben kapcsolatba került az ENIAC fejlesztőivel, J. Presper Eckerttel és John Mauchlyval.

Neumann azonnal felismerte, hogy az elektronikus számítógép nem csupán gyorsabb számológép lehet.

Általános célú automata válhat belőle.

1945-ben elkészítette az **EDVAC-ról szóló jelentés első tervezetét** – *First Draft of a Report on the EDVAC* –, amelyben rendszerezett formában leírta a tárolt programú elektronikus számítógép felépítését.

A dokumentum rendkívül nagy hatással volt a számítógépek további fejlődésére.

Innen ered a **Neumann-architektúra** elnevezés.

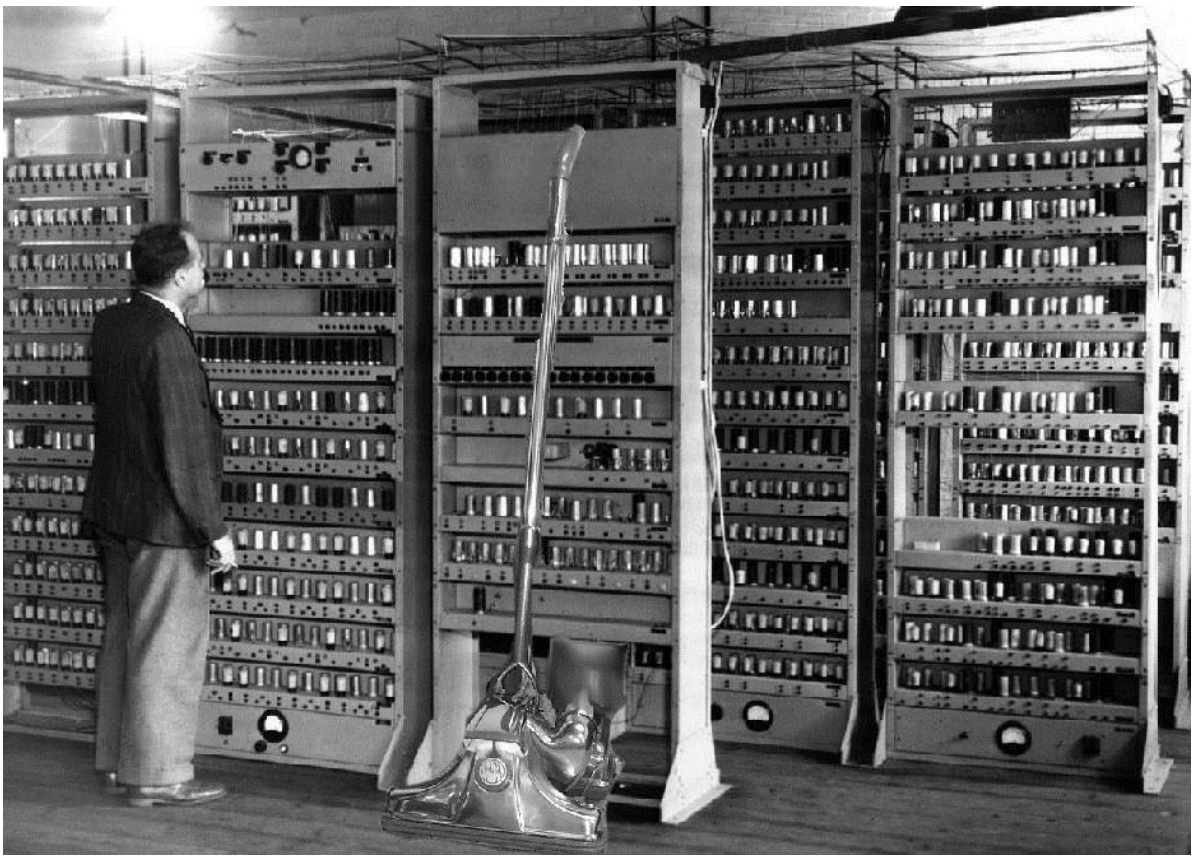
A történet azonban ennél összetettebb.

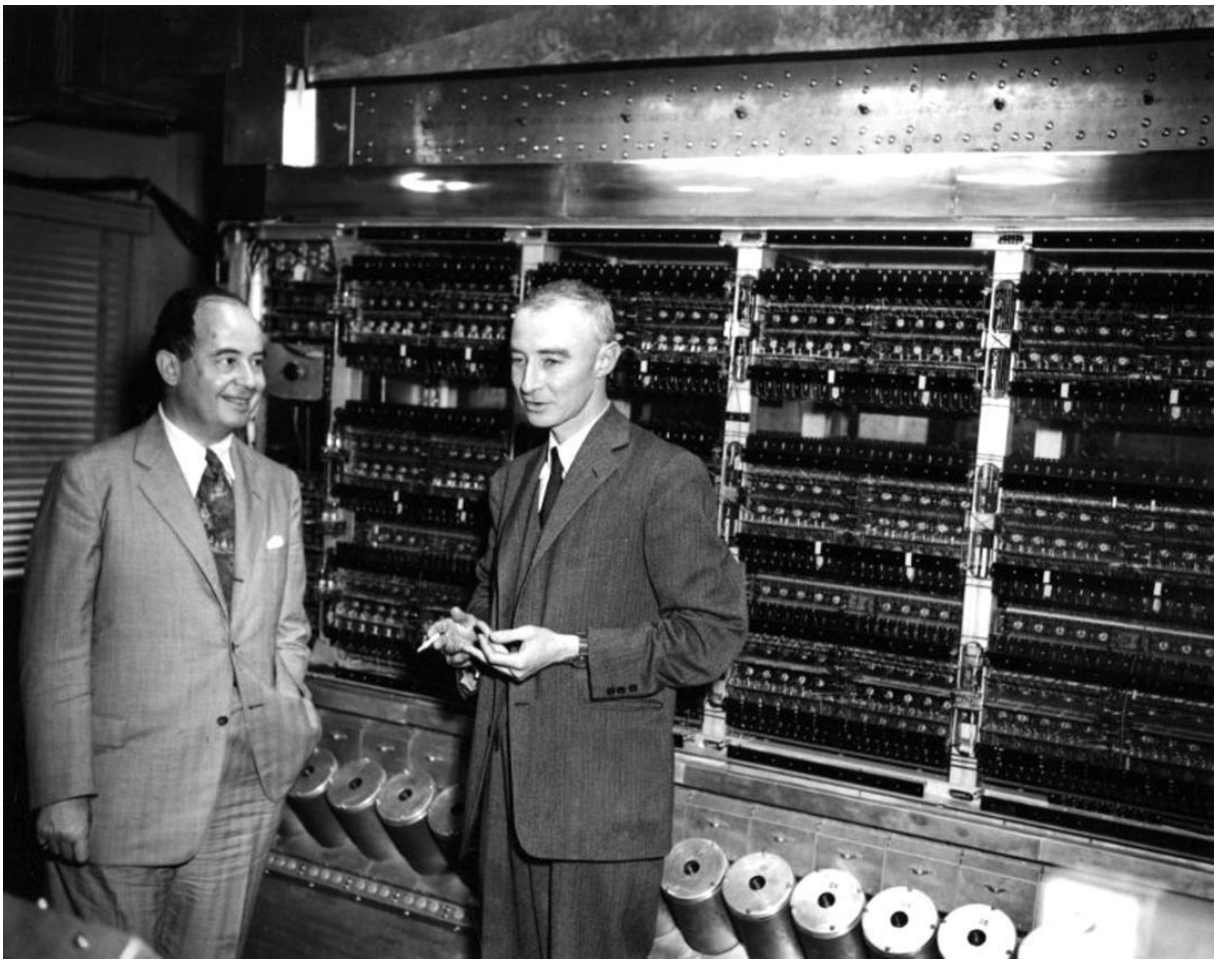
12.4. EDVAC

Az ENIAC még el sem készült teljesen, amikor fejlesztői már gondolkodtak az utódján.

Az új gép az **EDVAC – Electronic Discrete Variable Automatic Computer** nevet kapta.

Az ENIAC tízes számrendszerével szemben az EDVAC már **binárisan** működött, de ennél is fontosabb változás volt, hogy a programot és az adatokat memóriában kívánták tárolni.





A tárolt program koncepciója Eckert, Mauchly, Neumann és mások közös gondolkodásából formálódott. Neumann különleges jelentősége abban állt, hogy az elképzelést világos, általános logikai rendszerként írta le és terjesztette tovább.

Az 1945-ben sokszorosított *First Draft* csak Neumann nevét tüntette fel szerzőként.

Ez később komoly történeti vitákhoz vezetett, mert úgy tűnhetett, mintha az egész elképzelés kizárólag Neumanntól származott volna.

Az EDVAC építése azonban lassan haladt, és mire 1951-ben működésbe állt, más tárolt programú számítógépek már megelőzték.

A számítástechnika történetének egyik érdekes paradoxona tehát:

az EDVAC terve óriási hatással volt a modern számítógépre, miközben maga az EDVAC nem lett az első működő tárolt programú számítógép.

Mit jelent valójában a „Neumann-elv”?

A tankönyvek gyakran néhány pontban foglalják össze a Neumann-elveket. A pontos felsorolások változhatnak, de a lényeg általában a következő:

1. A gép elektronikusan működik.

2. Az adatokat és az utasításokat binárisan ábrázolja.

3. Az adatok és a program közös, címezhető memóriában helyezkedhetnek el.

4. A program utasításai alapértelmezésben egymás után hajtódnak végre, de vezérlésátadó utasításokkal a sorrend megváltoztatható.

5. A gép fő egységei elkülöníthetők: memória, aritmetikai-logikai egység, vezérlőegység, valamint be- és kimeneti egységek.

A legfontosabb gondolat azonban talán egyetlen mondatban összefoglalható:

A program ugyanolyan formában tárolható a memóriában, mint az adat.

Ez teszi lehetővé, hogy ugyanaz a számítógép számtalan különböző feladatot végezzen.

Fontos azonban, hogy a „Neumann-elv” **nem egyetlen ember egyetlen találmánya**.

A tárolt program gondolatának előzményei megtalálhatók Alan Turing 1936-os univerzális gépében, az ENIAC–EDVAC fejlesztőcsoport munkájában, valamint Eckert, Mauchly és más mérnökök elképzeléseiben is.

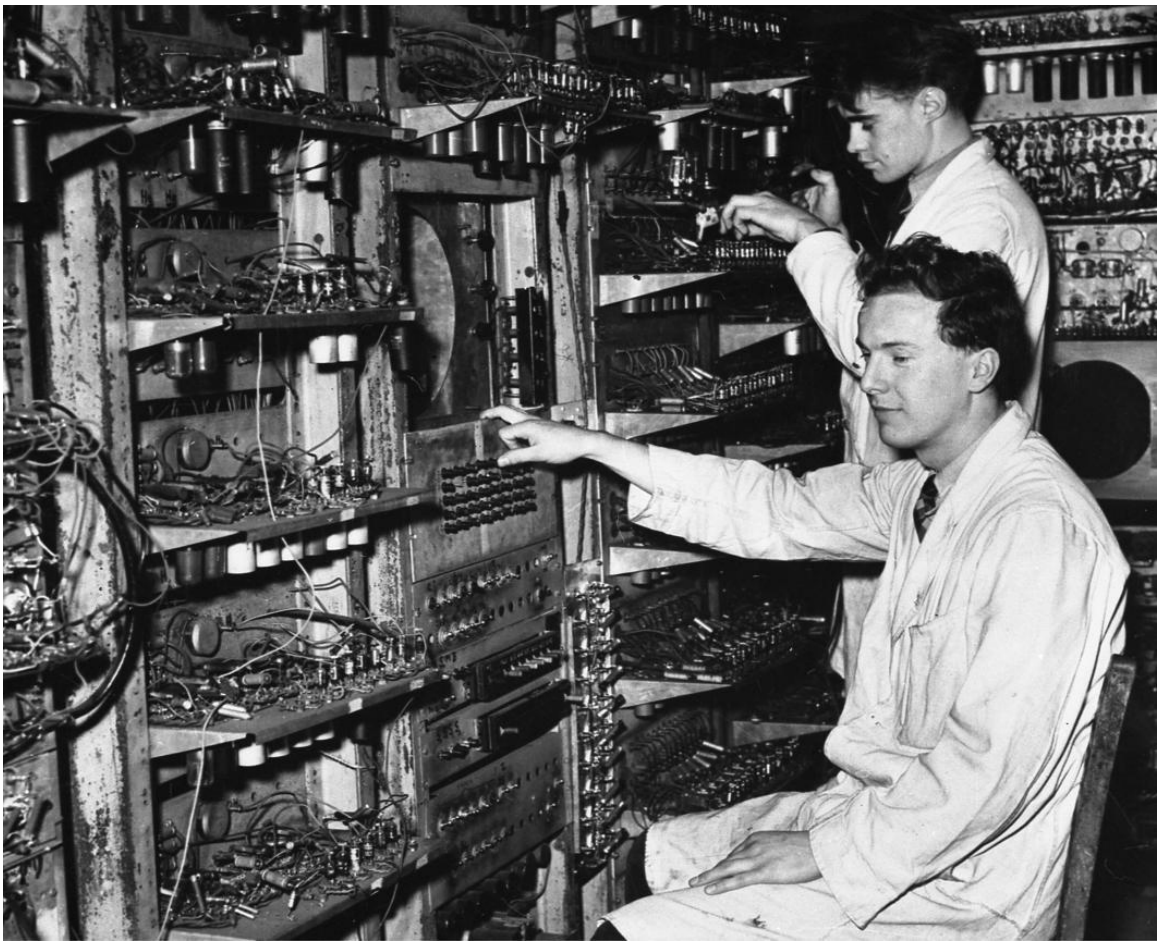
Neumann óriási érdeme elsősorban az volt, hogy ezeket az elképzeléseket **egységes, általánosan érthető számítógép-architektúrává fogalmazta**, amely aztán világszerte ismertté vált.

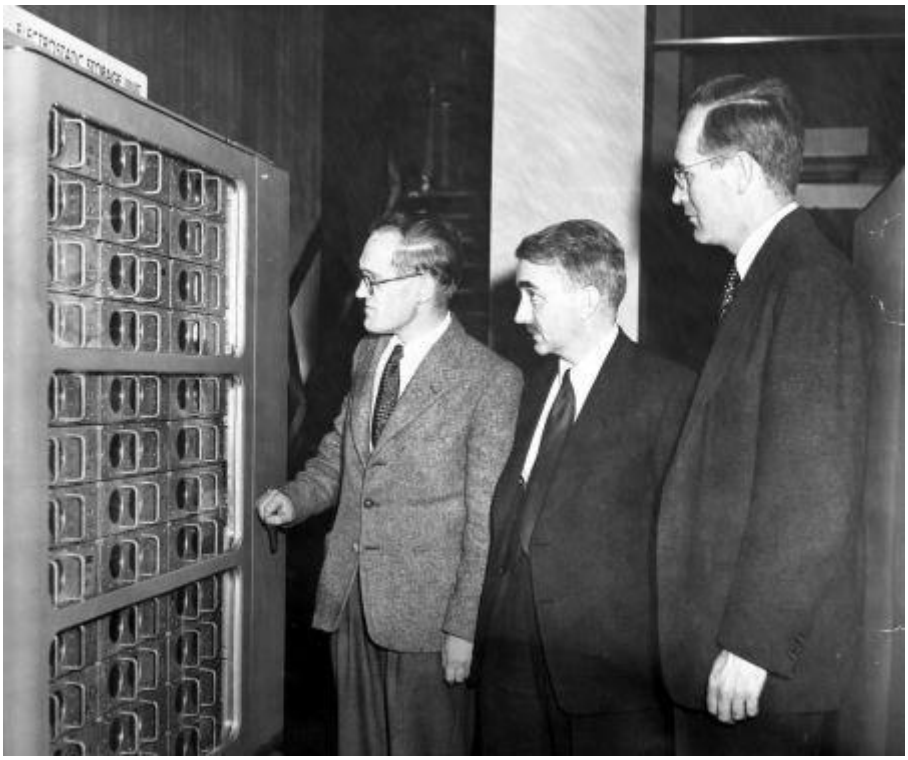
12.5. Manchester Baby

A versenyben végül nem az EDVAC lett az első működő tárolt programú elektronikus számítógép.

1948 június 21-én a Manchesteri Egyetemen működésbe lépett egy kísérleti gép.

Hivatalos neve **Small-Scale Experimental Machine – SSEM** volt, de mindenki csak **Manchester Babyként** emlegette.







A gépet Frederic C. Williams, Tom Kilburn és Geoff Tootill fejlesztette.

Elsődleges célja valójában nem egy használható számítógép létrehozása volt. Egy új elektronikus memória, a **Williams-cső** működését akarták kipróbálni.

A Williams-cső katódsugárcsövön tárolta a biteket.

1948 június 21-én a Baby sikeresen lefuttatott egy memóriájában tárolt programot.

Ez történelmi pillanat volt:

a Manchester Baby lett az első működő elektronikus digitális számítógép, amely memóriájában tárolt programot hajtott végre.

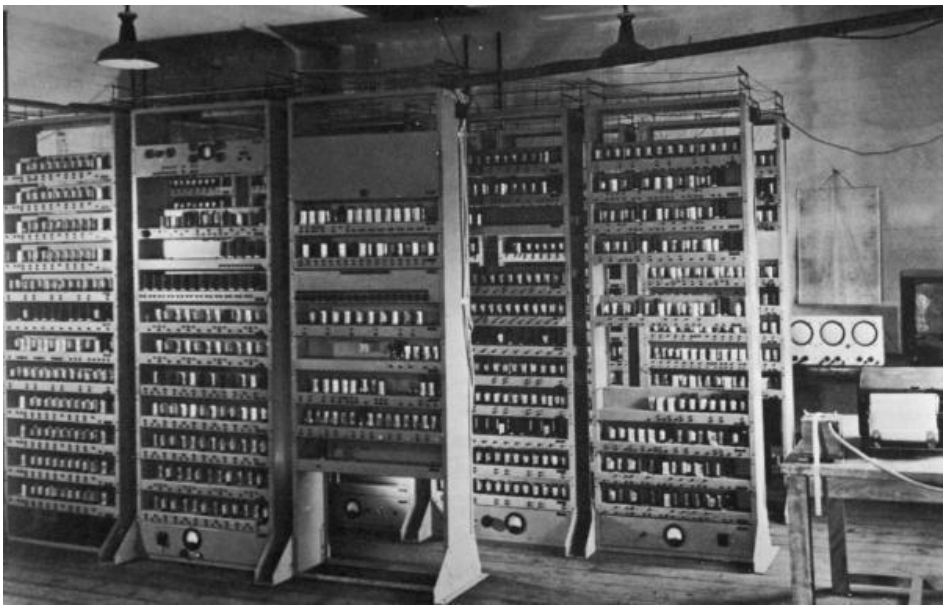
A kísérleti gépből később kialakult a Manchester Mark 1, majd annak kereskedelmi változata, a Ferranti Mark 1.

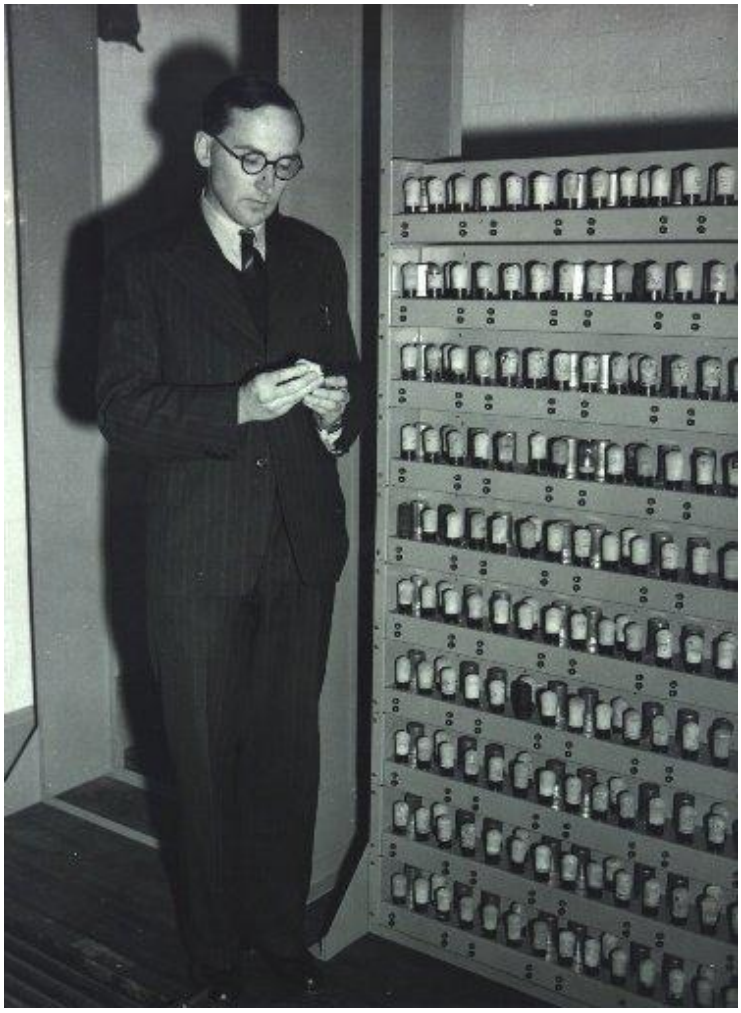
12.6. EDSAC

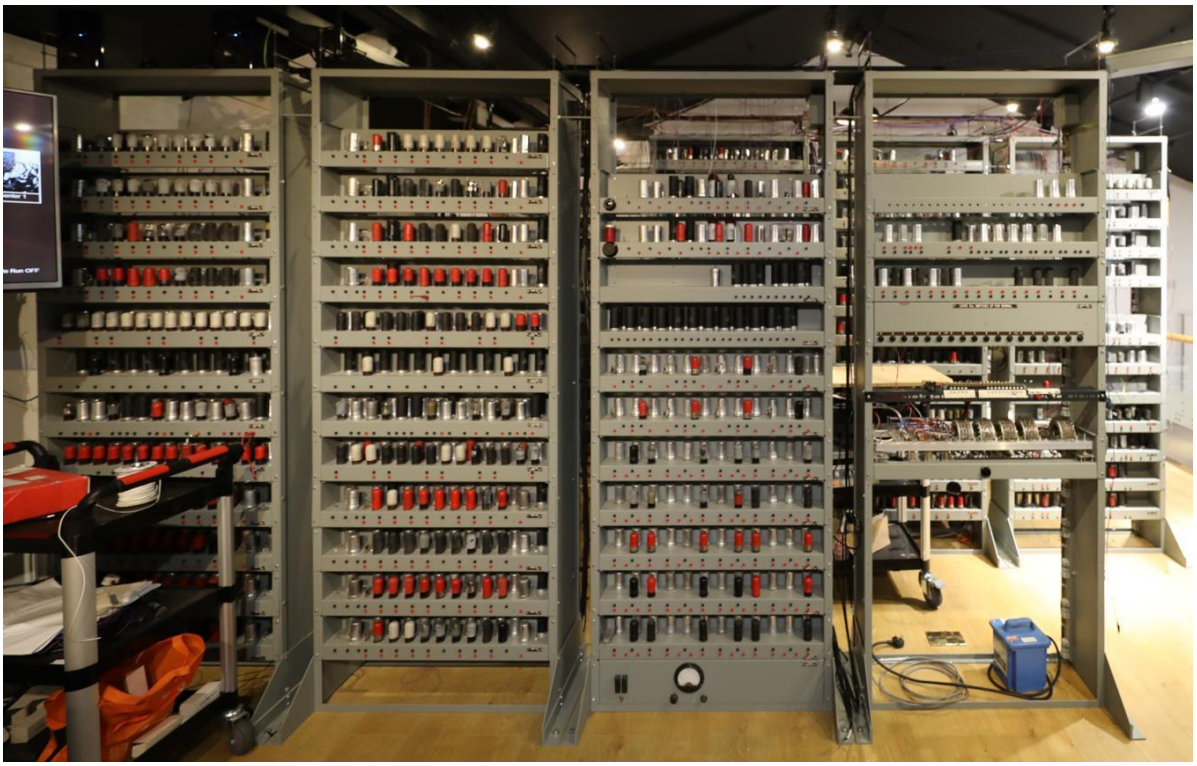
A Manchester Baby elsősorban kísérleti gép volt.

Cambridge-ben azonban **Maurice Wilkes** vezetésével olyan számítógépet építettek, amelyet már valódi tudományos számításokra szántak.

Ez lett az **EDSAC – Electronic Delay Storage Automatic Calculator**.







Az EDSAC 1949 májusában futtatta első programjait.

Memóriájában higanyos késleltetővonalakat használt, és már kezdettől arra tervezték, hogy a Cambridge-i Egyetem kutatói tényleges számítási feladatokat oldjanak meg vele.

Ez fontos különbség.

A Baby bizonyította, hogy **a tárolt program elve működik.**

Az EDSAC pedig megmutatta, hogy **a tárolt programú számítógép mindennapi tudományos munkaeszközzé válhat.**

Wilkes csoportja ráadásul felismerte a programozás egyik alapvető problémáját: nem érdemes minden programozónak mindent elölről megírnia.

Programkönyvtárakat hoztak létre, amelyekből kész rutinokat lehetett felhasználni.

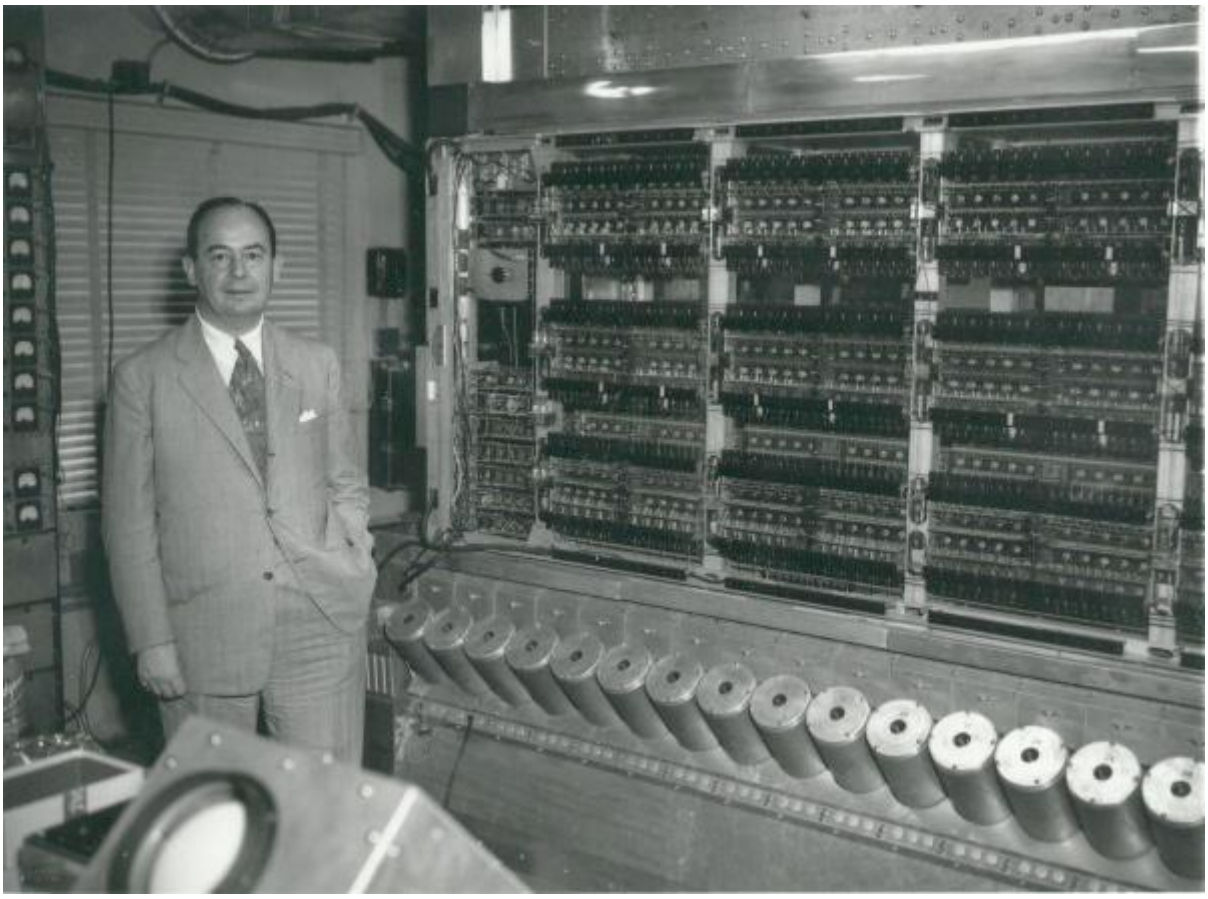
Ezzel megjelent a modern szoftverfejlesztés egy újabb alapgondolata:

a program is újrafelhasználható szellemi termék.

12.7. IAS

Neumann közben Princetonban saját számítógépének megépítésén dolgozott.

A gép az intézményről az **IAS computer** nevet kapta.





Az IAS gép a Neumann által leírt architektúra gyakorlati megvalósítása lett.

40 bites szavakkal dolgozott. Egy szóban vagy egy számot, vagy két 20 bites utasítást lehetett tárolni.

A gép fő részei jól felismerhetően megfeleltek annak a szerkezetnek, amelyet ma is egy klasszikus számítógép blokkvázlatán látunk:

memória → vezérlőegység → aritmetikai egység → be- és kimenet

Az IAS gép 1951–52 körül vált működőképessé.

Jelentősége azonban messze túlmutatott önmagán.

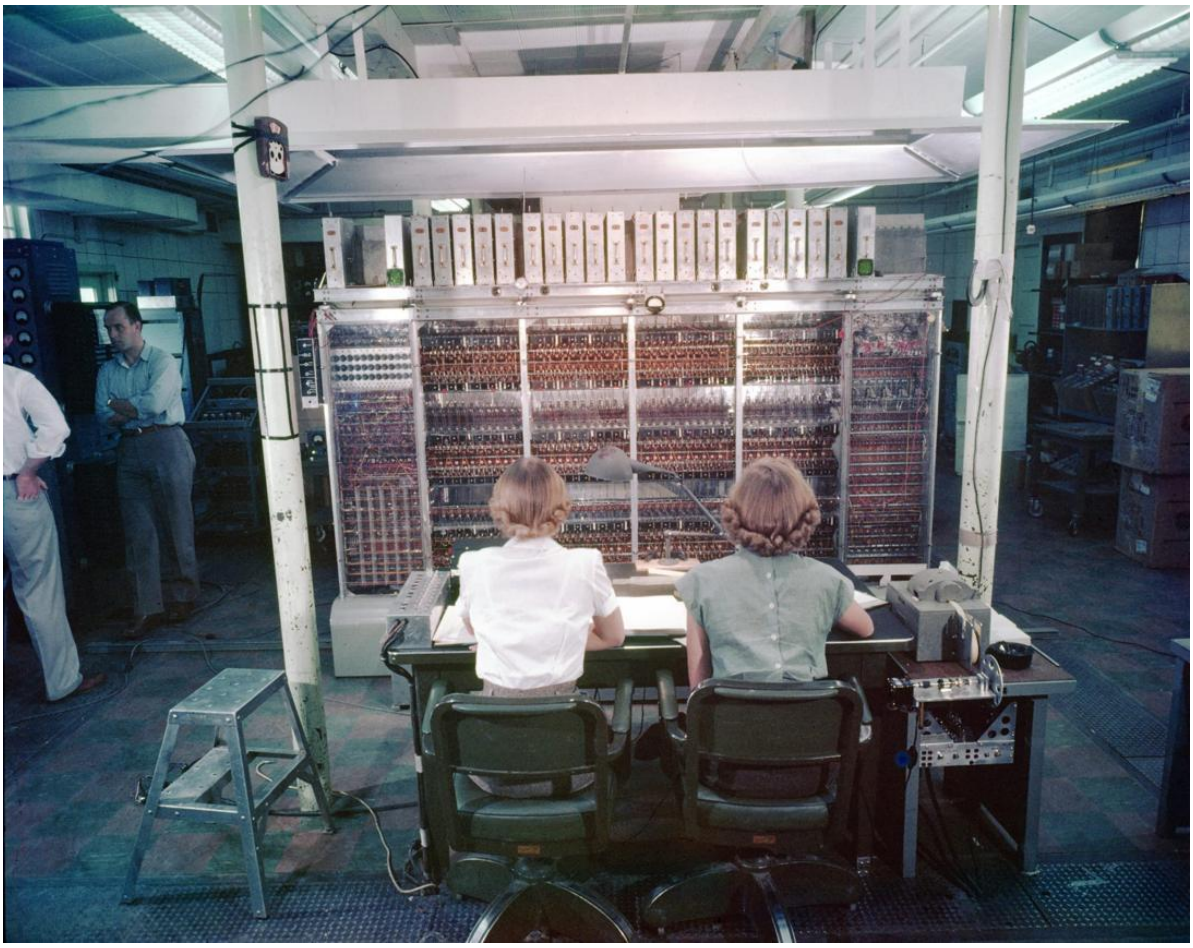
Terveit viszonylag szabadon hozzáférhetővé tették, ezért számos más számítógép készült az IAS architektúrájának mintájára.

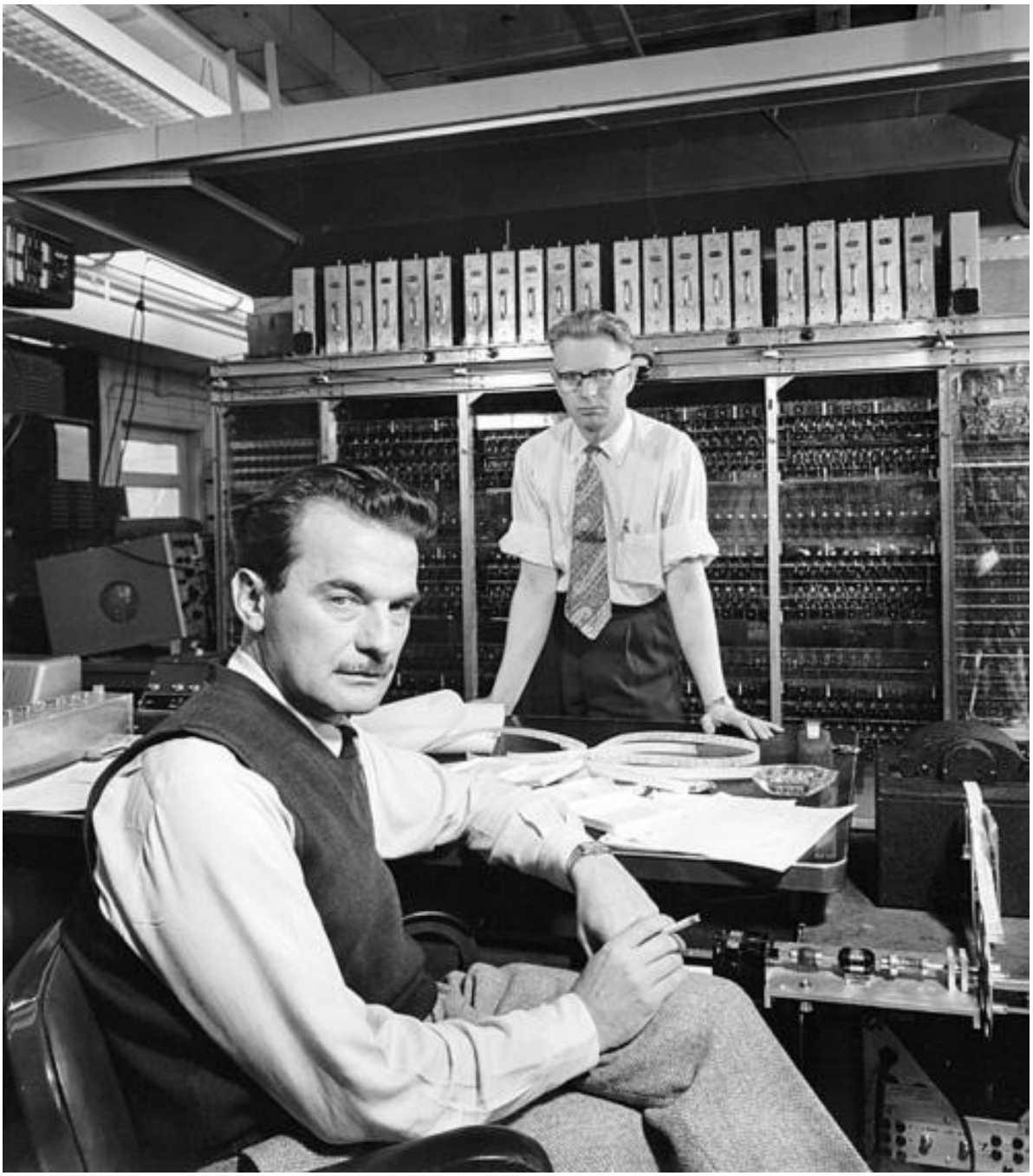
Egyfajta korai **számítógép-családfa** alakult ki.

12.8. MANIAC

Az IAS egyik leszármazottja különösen érdekes nevet kapott:

MANIAC – Mathematical Analyzer Numerical Integrator and Automatic Computer.







A gépet Nicholas Metropolis vezetésével építették a Los Alamos-i laboratóriumban, és 1952-ben helyezték üzembe.

Felépítése nagyrészt az IAS gép architektúráját követte.

A MANIAC-ot többek között nukleáris fizikai számításokra használták, így története szorosan összekapcsolódott a hidrogénbomba fejlesztésével is.

De másfajta problémákat is vizsgáltak rajta.

Stanislaw Ulam, John von Neumann és más kutatók munkájának környezetében a számítógépek egyre inkább **szimulációs eszközzé** váltak.

Nemcsak egy képlet eredményét számolták ki.

Egy egész fizikai folyamat viselkedését lehetett modellezni velük.

Ez már nagyon közel áll ahhoz, ahogyan ma szuperszámítógépeket használunk időjárás-előrejelzésre, atomfizikára vagy klímamodellezésre.

12.9. UNIVAC

Az ENIAC két fejlesztője, **J. Presper Eckert és John Mauchly** felismerte, hogy a számítógépnek nemcsak katonai és tudományos alkalmazása lehet.

Miért ne használhatnák vállalatok, biztosítók vagy állami hivatalok?

Megalapították saját vállalkozásukat, és megkezdték egy kereskedelmi számítógép fejlesztését.

Ez lett az **UNIVAC – Universal Automatic Computer**.





Az első UNIVAC I-et 1951-ben adták át az amerikai Népszámlálási Hivatalnak.

A gép egyik fontos újdonsága az adatkezelésben mutatkozott meg. A lyukkártyák mellett **mágnesszalagot** használt, amely nagy mennyiségű adat tárolását és gyors feldolgozását tette lehetővé.

Az UNIVAC nemcsak matematikai számításokra készült.

Adatokat tudott feldolgozni.

Ez alapvető változás volt.

A számítógép kilépett a matematikai laboratóriumból, és elindult az **irodák felé.**

1952-ben pedig országos hírnévre tett szert.

Az amerikai elnökválasztás estéjén egy UNIVAC a rendelkezésére álló részleges eredményekből azt jósolta, hogy **Dwight D. Eisenhower nagy fölénnyel legyőzi Adlai Stevensont.**

A jóslat annyira eltért a várakozásoktól, hogy eleinte még a televíziós közvetítés készítői is kételkedtek benne.

A gépnek lett igaza.

Amerikaiak milliói számára ez volt az első alkalom, amikor a „computer” látványosan megmutatta, mire képes.

12.10. Az első kereskedelmi számítógépek

Az 1950-es évek elején a számítógép lassan termékké vált.

Ez legalább akkora változás volt, mint valamelyik technikai újítás.

Korábban egy számítógép rendszerint **egyedi projekt** volt.

Egy egyetem, katonai intézet vagy kutatóközpont megtervezte, megépítette és használta saját gépét.

Most azonban megjelent egy új gondolat:

ugyanabból a számítógépből több példányt lehet gyártani és el lehet adni.

Az UNIVAC mellett Nagy-Britanniában a **Ferranti Mark 1** vált különösen fontossá. 1951-ben szállították le a Manchesteri Egyetem számára, és rendszerint a világ első kereskedelmi forgalomba került általános célú elektronikus számítógépeként tartják számon.







Hamarosan az IBM is belépett az elektronikus számítógépek piacára.

1952-ben megjelent az **IBM 701**, majd 1954-ben az **IBM 650.**

Utóbbi különösen sikeres lett: több mint ezer példány készült belőle.

Mai szemmel ez jelentéktelen mennyiségnek tűnik.

Akkor azonban óriási változást jelentett.

A számítógép többé nem egyetlen laboratórium különleges gépe volt.

Ipari termékké vált.

És ezzel megkezdődött a számítógép lassú vándorlása:

katonai laboratórium → egyetem → nagyvállalat → iroda → otthon → zseb.

Neumann és Turing: két út a modern számítógéphez

Alan Turing és Neumann János neve a számítástechnika két alapvető kérdéséhez kapcsolódik.

Turing kérdése elsősorban ez volt:

Mit lehet egyáltalán géppel kiszámítani?

1936-ban leírta az absztrakt **Turing-gépet**, majd az univerzális Turing-gép gondolatát: egy olyan gépet, amely megfelelő leírás birtokában bármely más számológép működését utánozhatja.

Ez még nem konkrét elektronikus számítógép terve volt.

Matematikai modell volt.

De benne rejlett az univerzális programozható gép gondolata.

Neumann kérdése inkább gyakorlati volt:

Hogyan építsünk valóban működő univerzális elektronikus számítógépet?

Az EDVAC-ról szóló 1945-ös dokumentumban olyan szerkezetet írt le, amelyben az utasítások és az adatok a memóriában helyezkednek el, a vezérlőegység pedig sorban kiolvassa és végrehajtja őket.

A két gondolat mélyen összefügg.

Turing megmutatta az univerzális számítás elméleti lehetőségét.

Neumann és az EDVAC körül dolgozó mérnökök pedig olyan gyakorlati architektúrát alakítottak ki, amelyből valódi univerzális elektronikus számítógépeket lehetett építeni.

A két ember ráadásul személyesen is ismerte egymást. Turing 1936–38 között Princetonban dolgozott, ahol Neumann is tevékenykedett. Neumann nagyra becsülte Turing matematikai képességeit, és megpróbálta Princetonban tartani.

Turing azonban visszatért Nagy-Britanniába.

Néhány évvel később mindketten más-más úton jutottak vissza ugyanahhoz a problémához: **az univerzális géphez.**

Ezért talán nem is az a legjobb kérdés, hogy: **„Ki találta fel a modern számítógépet?"**

Hanem inkább: **„Milyen gondolatoknak kellett találkozniuk ahhoz, hogy a modern számítógép megszülethessen?"**

Turingtól kaptuk az univerzális számítás egyik legmélyebb elméleti alapját.

Neumanntól és az EDVAC fejlesztőitől pedig azt az architekturális gondolatvilágot, amelynek leszármazottai – jelentős módosításokkal – **ma is ott dolgoznak szinte minden számítógépben.**

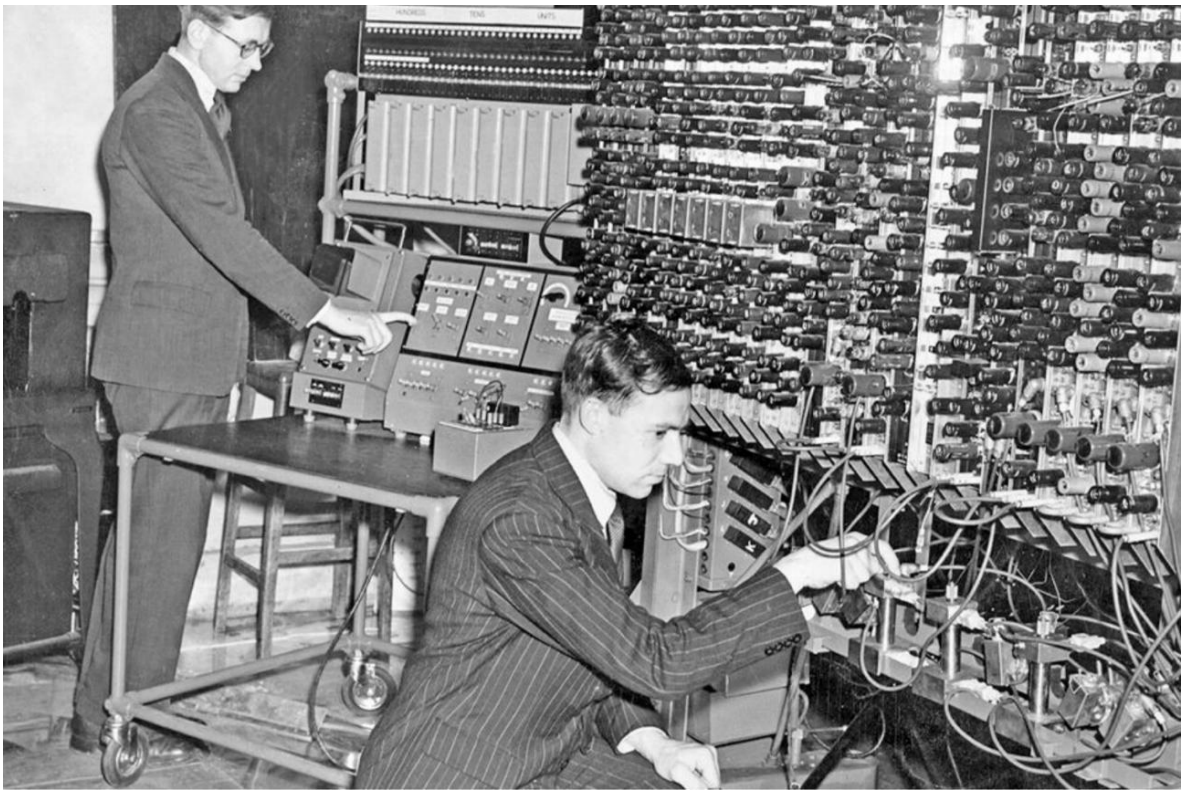
VII. rész – Kisebb, gyorsabb, olcsóbb

13. Az elektroncsőtől a tranzisztorig

13.1. Az elektroncsöves korszak

Az 1940-es évek végétől az 1950-es évek közepéig épített számítógépeket gyakran a számítógépek **első generációjának** nevezik.

Alapvető aktív áramköri elemük az elektroncső volt.



Képaláírás: Az elektroncsöves számítógépek korszaka. A korai gépek több ezer elektroncsövet tartalmaztak; a jobb oldali felvételeken az IBM korai elektronikus számítógépeinek világa látható.

Az elektroncső nagyszerű kapcsolóelemnek bizonyult: gyors volt, nem tartalmazott mechanikus érintkezőket, és erősítőként is működött.

De komoly hátrányai voltak.

Nagy méretű volt, fűteni kellett, sok energiát fogyasztott és jelentős hőt termelt. Egyetlen cső meghibásodása pedig egy egész áramkör működését megzavarhatta.

A mérnökök ezért már korán keresték a megoldást:

lehetne-e ugyanezt a kapcsolási és erősítési feladatot vákuumcső nélkül elvégezni?

13.2. A tranzisztor megszületése

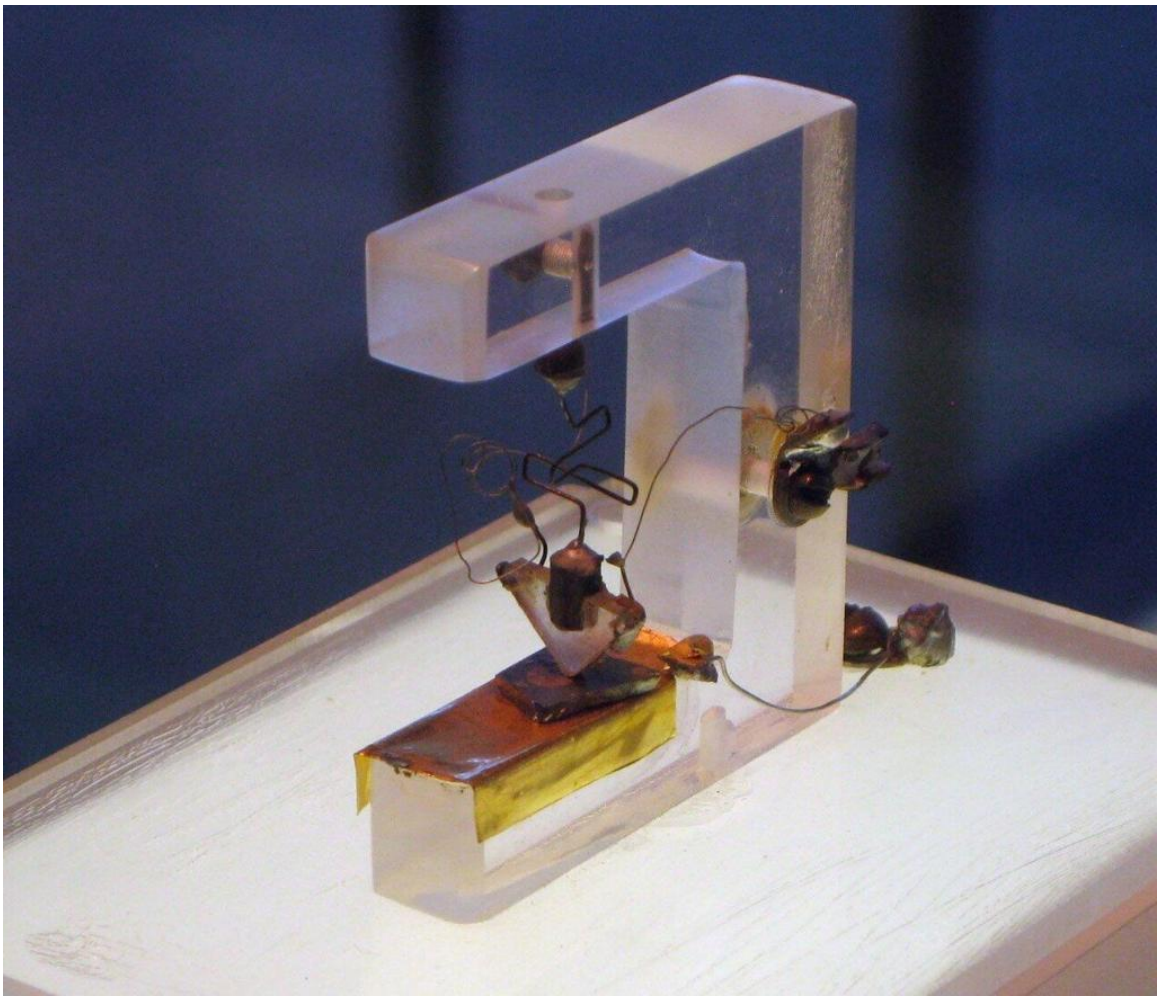
A válasz a **félvezetőkben** rejlett.

A félvezetők – például a germánium és a szilícium – elektromos tulajdonságai a jó vezetők és a szigetelők közé esnek. Vezetőképességük ráadásul megfelelő szennyezőanyagok hozzáadásával rendkívül pontosan befolyásolható.

A félvezetők különleges viselkedése már korábban ismert volt. Kristálydetektorokat például a rádiózás hajnalán is használtak.

Az igazi áttörés azonban a második világháború után következett be az amerikai Bell Laboratories kutatóintézetében.

1947 decemberében megszületett az első működő **tranzisztor.**



Képaláírás: Az első működő tranzisztor a Bell Laboratoriesban, 1947. A különös külsejű, pontérintkezős germánium-tranzisztor még egyáltalán nem hasonlított a későbbi apró tranzisztorokra.

Az első tranzisztor még meglehetősen kezdetleges szerkezet volt. Egy germániumkristály felületéhez két, egymáshoz nagyon közeli fémérintkező kapcsolódott.

De működött.

Erősíteni tudott elektromos jeleket, és kapcsolóként is használható volt.

Vagyis képes volt arra, amire az elektroncső – csak éppen **fűtőszál és vákuum nélkül**.

13.3. Bardeen, Brattain és Shockley

A tranzisztor története három ember nevéhez kapcsolódik:

John Bardeen,
Walter Brattain,
William Shockley.



Képaláírás: John Bardeen, William Shockley és Walter Brattain a Bell Laboratoriesban. Hármójuk munkáját 1956-ban fizikai Nobel-díjjal ismerték el a félvezetők kutatásáért és a tranzisztorhatás felfedezéséért.

A történet azonban nem egészen olyan egyszerű, mint ahogyan a három név egymás mellé írása sugallja.

Bardeen elméleti fizikus volt, Brattain pedig kiváló kísérleti fizikus. Kettejük együttműködéséből született meg 1947 decemberében az első működő pontérintkezős tranzisztor.

Shockley a kutatócsoport vezetője volt. Az első sikeres kísérletben nem ő játszotta a közvetlen főszerepet, később azonban kidolgozta a **rétegtranzisztor**, vagyis a bipoláris tranzisztor alapelvét.

Ez sokkal alkalmasabbnak bizonyult sorozatgyártásra.

A három kutató 1956-ban megosztva kapta meg a fizikai Nobel-díjat.

Bardeen különleges helyet foglal el a tudomány történetében: később a szupravezetés elméletéért **másodszor is fizikai Nobel-díjat kapott**. Máig ő az egyetlen ember, aki kétszer részesült fizikai Nobel-díjban.

13.4. A tranzisztoros számítógép

A tranzisztor előnyei szinte tökéletesen megfeleltek a számítógép igényeinek.

Nem kellett fűteni.

Sokkal kisebb volt.

Kevesebb energiát fogyasztott.

Kevesebb hőt termelt.

Megbízhatóbb lehetett az elektroncsőnél.

Az 1950-es években ezért megkezdődött az átállás a **második generációs**, tranzisztoros számítógépekre.

Az első kísérleti tranzisztoros számítógépek egyikét a Manchesteri Egyetemen építették. Az 1953-ban működésbe lépett **Manchester Transistor Computer** már tranzisztorokat használt logikai áramköreiben, bár egyes részeiben még elektroncsövekre is szükség volt.




TRADIC
SUBR.
MASTER



Képaláírás: A tranzisztoros korszak első gépei. Balra a Manchesteri Egyetem korai tranzisztoros számítógépeinek egyike; középen a Bell Labs TRADIC gépe; jobbra az IBM 1401, amely már nagy sorozatban gyártott üzleti számítógép lett.

A tranzisztorral a számítógép fejlődésének iránya alapvetően megváltozott.

Korábban egy nagyobb teljesítményű gép rendszerint több alkatrészt, nagyobb helyet és több energiát jelentett.

Most először vált igazán lehetővé:

nagyobb teljesítmény – kisebb méretben.

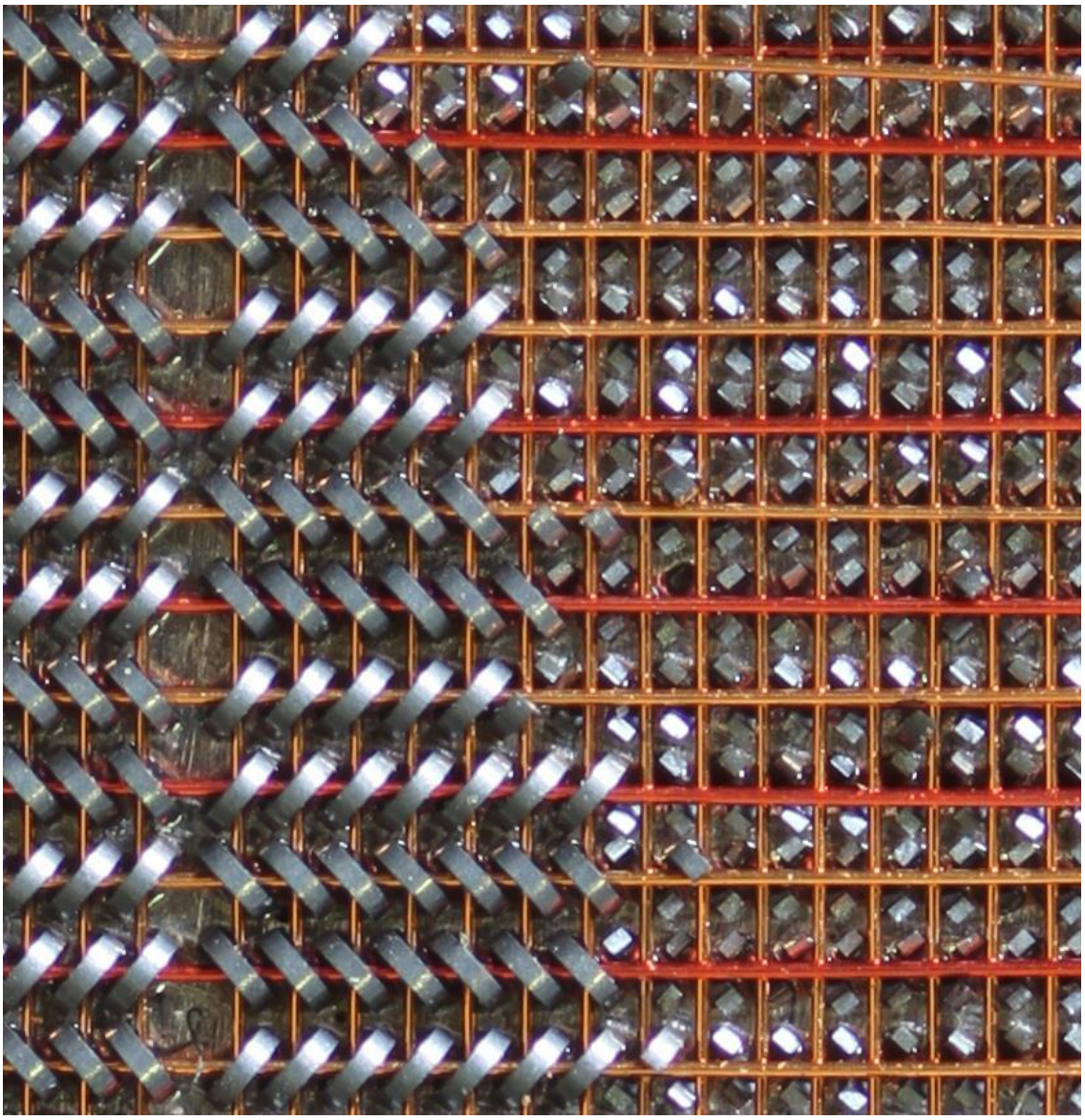
13.5. Ferritgyűrűs memória

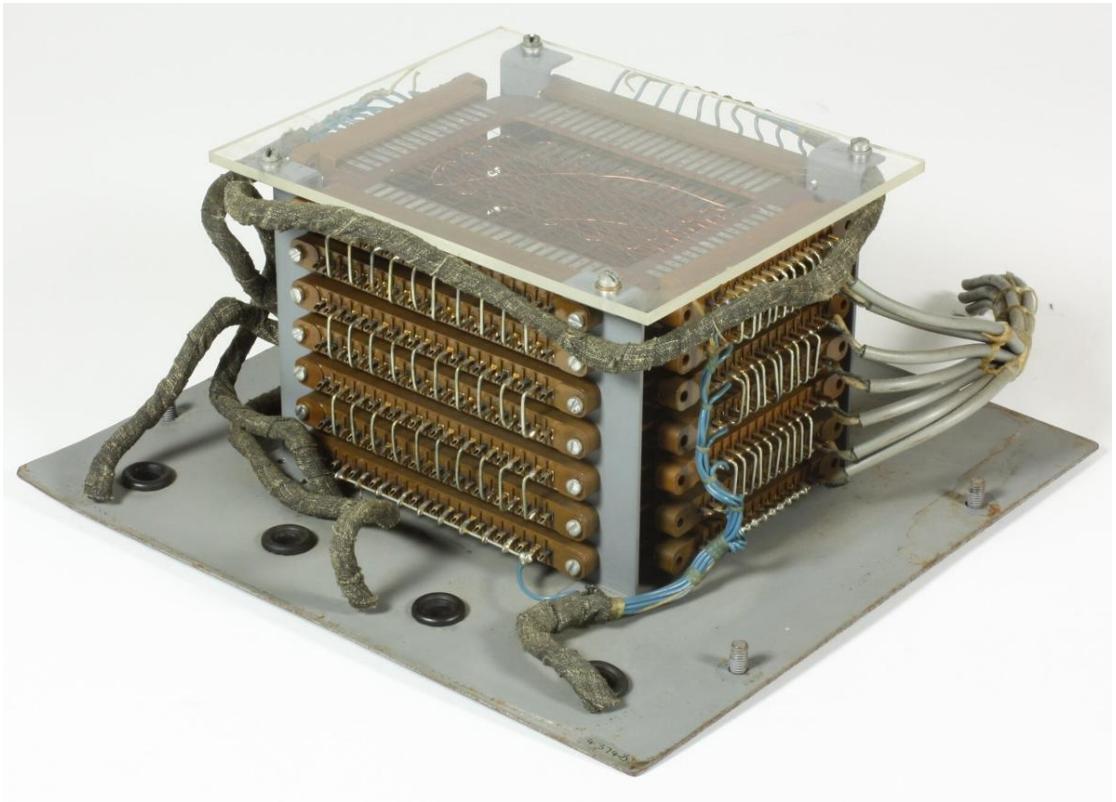
A processzor gyorsítása önmagában nem volt elegendő.

Gyors és megbízható memória is kellett.

A korai számítógépek sokféle különös memóriaeszközt használtak: higanyos késleltetővonalakat, Williams-csöveket, mágnesdobokat.

Az 1950-es években azonban egy új technológia kezdett elterjedni: a **ferritgyűrűs memória**.





Képaláírás: Ferritgyűrűs memória. A nagyított képen jól láthatók az apró mágneses gyűrűk és a rajtuk átfűzött vezetékek. Minden egyes gyűrű egy bit információ tárolására szolgálhatott.

A memória apró ferritgyűrűkből állt.

A gyűrű két irány valamelyikében mágnesezhető volt.

Az egyik irány jelenthette a **0**, a másik az **1** állapotot.

A gyűrűkön vezetékeket fűztek keresztül, amelyek segítségével kiválaszthatták, írhatták és kiolvashatták az egyes biteket.

Mai szemmel elképesztő látvány egy ilyen memória.

Egyetlen mai memórialapkában bitek milliárdjai férnek el. A ferritmemóriában **minden bithez egy fizikailag látható kis gyűrű tartozott.**

A ferritmemória azonban rendkívül megbízható volt, és áram nélkül is megőrizte tartalmát.

Az 1950-es évek közepétől az 1970-es évekig a számítógépek egyik meghatározó memóriatechnológiája lett.

13.6. IBM, CDC, PDP és társaik

A tranzisztorral a számítógép lassan valódi iparággá vált.

Az egyik legfontosabb szereplő az IBM volt.

Az **IBM 1401**, amelyet 1959-ben jelentettek be, az üzleti adatfeldolgozás egyik meghatározó gépévé vált. Több mint tízezer példányban telepítettek az 1400-as család gépeiből, ami az akkori számítógépes világban óriási mennyiséget jelentett.

A számítógép már nem kizárólag tudományos különlegesség volt.

Bérszámfejtést végzett, számlázott, nyilvántartásokat kezelt.

Egy másik amerikai vállalat, a **Control Data Corporation – CDC** a nagy teljesítményű tudományos gépek irányába indult.

Itt dolgozott **Seymour Cray**, aki később a szuperszámítógépek egyik legendás tervezője lett.

A CDC 6600 már a következő, integrált áramkörökhöz vezető korszak határán állt, és gyakran az első sikeres szuperszámítógépként emlegetik.

Közben egy másik vállalat egészen más irányból változtatta meg a számítógépek világát.

A **Digital Equipment Corporation – DEC** PDP sorozata kisebb és olcsóbb gépeket kínált.





Képaláírás: Három jellegzetes amerikai tranzisztoros számítógép: az IBM 1401 üzleti adatfeldolgozó rendszer, a CDC 1604 tudományos számítógép és a DEC PDP-1, amely a kisebb, interaktív számítógépek új világát képviselte.

A PDP-1 már nem feltétlenül egy távoli, elzárt számítóközpont gondolatát képviselte.

A felhasználó **közvetlenebb kapcsolatba kerülhetett a géppel**.

Ez a változás később a miniszámítógépekhez, majd a személyi számítógépekhez vezetett.

13.7. MINSZK, RAZDAN, ODRA és a keleti blokk gépei

A számítógépek fejlődése természetesen nem csak az Egyesült Államokban és Nyugat-Európában zajlott.

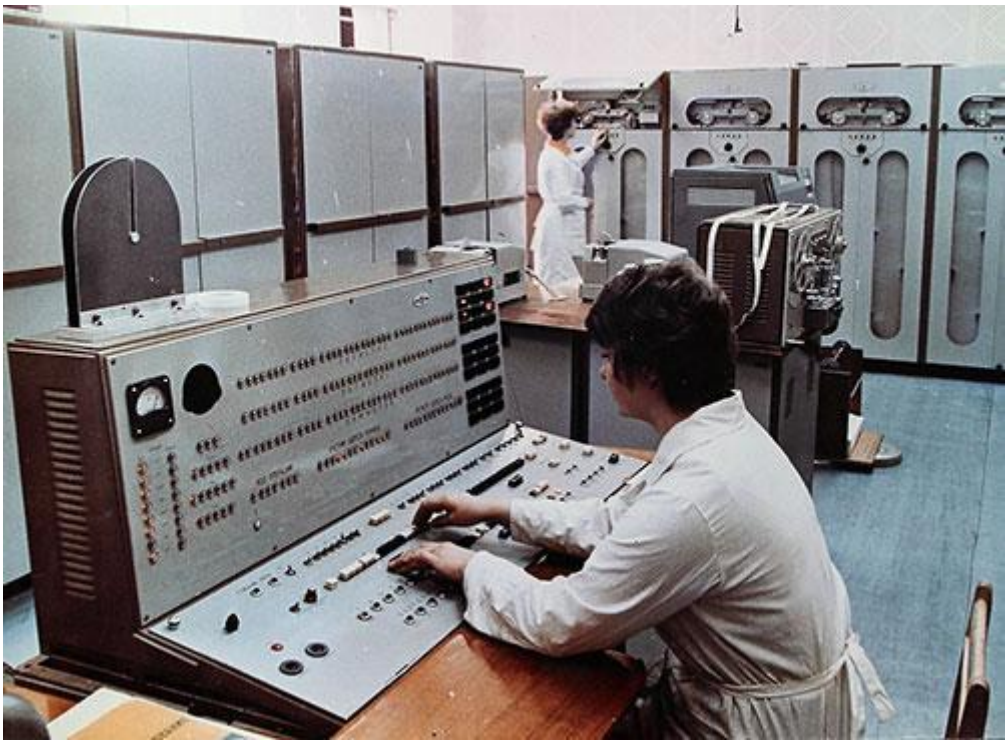
A Szovjetunió és a keleti blokk országai saját számítógépipart építettek ki.

A Szovjetunióban több gépcsalád készült. Ezek közül Magyarországon is ismertté váltak a **MINSZK** számítógépek.

A MINSZK–1 még elektroncsöves konstrukció volt, későbbi változatai azonban már tranzisztorokat használtak.

Örményországban fejlesztették a **RAZDAN** számítógépcsaládot.

Lengyelországban pedig az **ODRA** gépek váltak jelentőssé.



Képaláírás: A keleti blokk számítógépei. Balra egy szovjet MINSZK gép, középen az örmény fejlesztésű RAZDAN család egyik képviselője, jobbra egy lengyel ODRA számítógép.

Ezek a gépek műszaki színvonalukban és gyártási mennyiségükben nagyon különbözőek voltak, de fontos szerepet töltöttek be a szocialista országok tudományos, ipari és államigazgatási számítástechnikájában.

Az 1960-as évekre azonban egyre világosabbá vált a keleti blokk egyik problémája.

Számos ország **egymástól független számítógépeket fejlesztett**, amelyek programjai és perifériái nem feltétlenül voltak kompatibilisek egymással.

Ez később hozzájárult ahhoz a törekvéshez, hogy egységes számítógépcsaládot hozzanak létre.

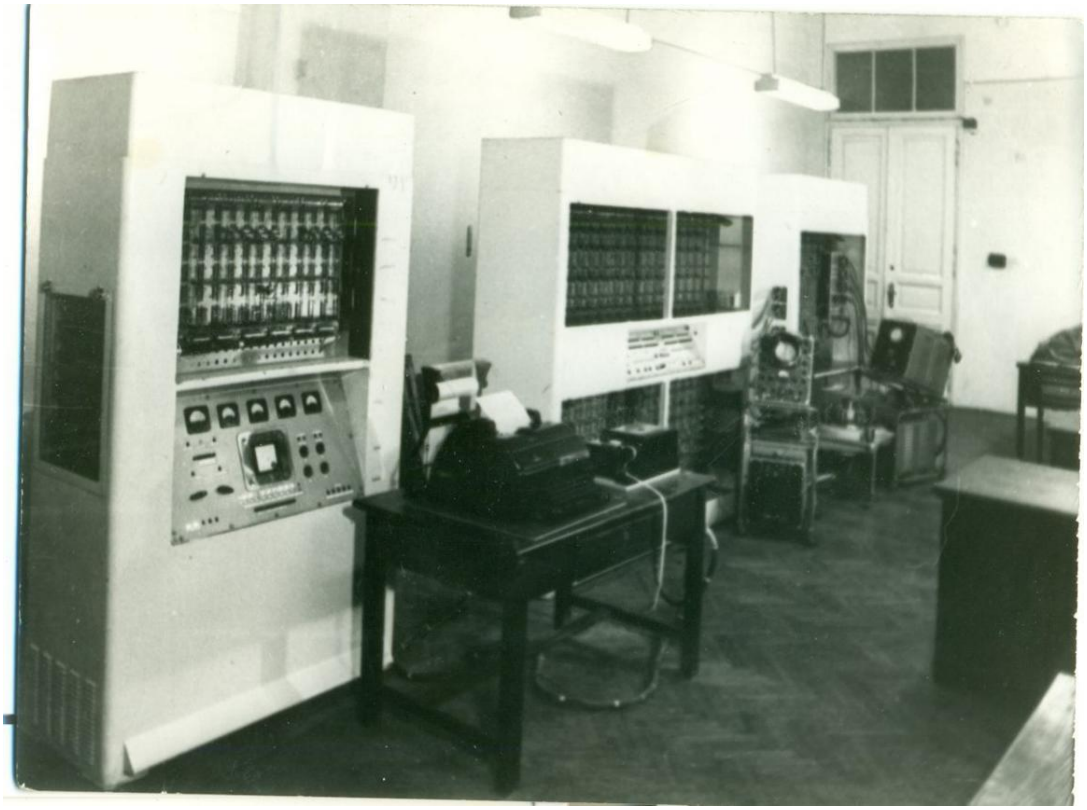
Ebből született majd az **Egységes Számítógép Rendszer – ESZR**, amely már egy következő korszak története.

13.8. Az első magyar elektronikus számítógép – M–3

Magyarországon az elektronikus számítástechnika történetének egyik legfontosabb neve **Kozma László**, akivel a relés számítógépeknél már találkoztunk.

Az első magyarországi elektronikus számítógép története azonban egy másik műhelyhez, a Magyar Tudományos Akadémia **Kibernetikai Kutatócsoportjához**, az MTA KKCS-hez kapcsolódik.

Itt épült meg az **M–3**.





Képaláírás: Az M–3 elektronikus számítógép dobmemóriája, Magyarország első működő elektronikus digitális számítógépe. A gép 1959-ben kezdte meg működését az MTA Kibernetikai Kutatócsoportjában.

Az M–3 alapjául egy szovjet konstrukció dokumentációja szolgált, de a magyar szakembereknek jelentős fejlesztési és építési munkát kellett elvégezniük ahhoz, hogy működő gép szülessen belőle.

A munkában különösen fontos szerepet játszott **Kalmár László**, **Varga Sándor**, **Tarján Rezső** és a Kibernetikai Kutatócsoport számos munkatársa.

Az M–3 még **elektroncsöves számítógép** volt. Ez jól mutatja, hogy a technikai korszakok nem egyik napról a másikra váltották egymást. Miközben Amerikában már terjedtek a tranzisztoros gépek, Magyarországon az elektronikus számítástechnika első lépéseit még elektroncsövekkel tették meg.

A gép 1959-ben kezdett működni. Nem múzeumi kísérlet volt.

Valódi számításokat végzett.

Tudományos és műszaki problémák megoldására használták, többek között matematikai, mérnöki és gazdasági feladatokra.

Később az M–3-at Szegedre szállították, ahol a József Attila Tudományegyetemen folytatta pályafutását.

Az M–3 ezért többet jelent egy régi számítógépnél.

Ezzel kezdődött Magyarországon a tényleges elektronikus számítógépes számítás korszaka.

Egy korszakváltás mérlege

Az elektroncsöves és a tranzisztoros korszak közötti különbséget jól mutatja egy egyszerű összehasonlítás:

	Elektroncső	Tranzisztor
Méret	nagy	sokkal kisebb
Fűtés	szükséges	nem szükséges
Fogyasztás	nagy	kisebb
Hőtermelés	jelentős	lényegesen kisebb
Megbízhatóság	korlátozott	nagyobb
Miniatürizálhatóság	rossz	kiváló

	Elektroncső	Tranzisztor
Tömeggyártás lehetősége	korlátozott	egyre jobb

A tranzisztor azonban önmagában még nem oldotta meg a számítógép minden problémáját.

Ha egy géphez tízezer tranzisztor kellett, akkor tízezer különálló alkatrészt kellett legyártani, beforrasztani és vezetékekkel összekötni.

Mi történne, ha **nem egyetlen tranzisztort, hanem sok tranzisztort és a közöttük lévő kapcsolatokat is egyszerre, ugyanazon a félvezető lapkán készítenénk el?**

Ebből a gondolatból született meg az **integrált áramkör**.

És innen már meglepően rövid út vezetett a mikroprocesszorig.

A tranzisztor megszületésével az elektronika megszabadult az elektroncsövek legnagyobb hátrányaitól. A számítógépek kisebbek, gyorsabbak, megbízhatóbbak és takarékosabbak lettek.

Egy probléma azonban megmaradt.

A tranzisztorokat, ellenállásokat, kondenzátorokat és diódákat továbbra is **különálló alkatrészként** gyártották. Ezeket nyomtatott áramköri lapokra kellett szerelni, majd vezetőpályákkal vagy huzalokkal összekötni.

Minél bonyolultabb lett egy számítógép, annál több alkatrészre és annál több összeköttetésre volt szükség.

A mérnökök külön nevet is adtak a problémának:

a számok zsarnoksága.

Nemcsak az alkatrészek száma növekedett, hanem a forrasztásoké és a lehetséges hibáké is. Hiába volt maga a tranzisztor megbízható, ha a sok tízezer összeköttetés valamelyike megszakadhatott.

A megoldást egy egyszerűnek tűnő, mégis forradalmi gondolat hozta:

Miért gyártanánk külön az alkatrészeket, ha egyetlen félvezetődarabon együtt is létrehozhatjuk őket?

Így született meg az **integrált áramkör**, röviden IC, vagy hétköznapi nevén a **chip**.

14.1. Jack Kilby és Robert Noyce

Az integrált áramkör feltalálása két amerikai mérnök nevéhez kapcsolódik. Egymástól függetlenül, szinte ugyanabban az időben jutottak hasonló felismerésre.

Jack Kilby

Jack St. Clair Kilby 1958-ban kezdett dolgozni a Texas Instruments vállalatnál.

Az új munkatársakat általában szabadságra küldték a nyári üzemleállás idején, Kilby azonban még nem szerzett jogosultságot fizetett szabadságra. Így szinte egyedül maradt a laboratóriumban.

Ez a kényszerű nyári magány történelmi jelentőségűnek bizonyult.

Kilby azt vizsgálta, hogyan lehetne megszüntetni azt a problémát, hogy az elektronikus áramkörök egyre több különálló alkatrészből és összeköttetésből állnak.

Arra jutott, hogy a tranzisztorokat, ellenállásokat és kondenzátorokat ugyanabból a félvezető anyagból is ki lehet alakítani.

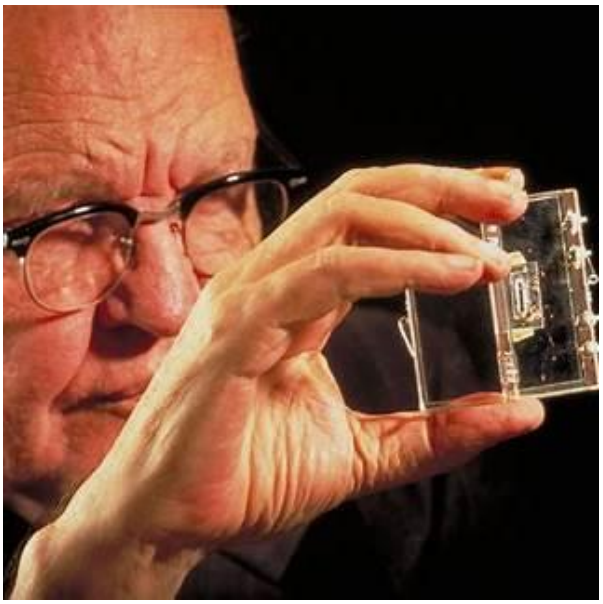
1958. szeptember 12-én bemutatta első működő áramkörét.

Az eszköz egy keskeny germániumdarab volt, amelyen egy tranzisztort, egy kondenzátort és ellenállásokat alakítottak ki. Az egyes elemeket még vékony huzalok kapcsolták össze.

Külseje nem volt különösebben látványos.

De működött.

Ez volt az első alkalom, amikor egy teljes elektronikus áramkör aktív és passzív elemei ugyanazon félvezetődarabon helyezkedtek el. Kilby munkáját 2000-ben fizikai Nobel-díjjal ismerték el.



Képaláírás:
Jack Kilby első működő integrált áramköre, 1958. A germániumlapkán kialakított alkatrészeket még vékony huzalok kötötték össze, ezért ez a szerkezet inkább az integráció lehetőségét bizonyító kísérlet volt, mintsem sorozatgyártásra kész termék.

Robert Noyce

Kilbytől függetlenül a Fairchild Semiconductor egyik alapítója, **Robert Noyce** is az elektronikus áramkörök miniatürizálásán dolgozott.

Noyce megoldása több szempontból különbözött Kilbyétől.

Germánium helyett **szilíciumot** használt. Ennél is fontosabb volt, hogy az áramköri elemek összeköttetéseit nem külön huzalokkal alakította ki. A szilícium felületére felvitt fémrétegből készített vezetőpályákat.

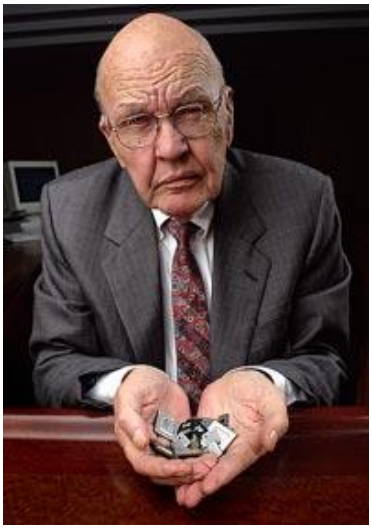
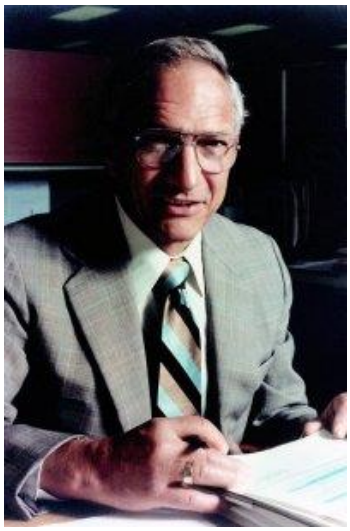
Ehhez felhasználta a Fairchild munkatársa, **Jean Hoerni** által kidolgozott planáris gyártási eljárást.

A *planáris* szó síkbelit jelent. Az áramköri elemeket és a közöttük lévő összeköttetéseket rétegenként, a szilícium felületén alakították ki.

Ez már valóban alkalmas volt arra, hogy egyszerre sok, egymással csaknem azonos áramkört gyártsanak.

Kilby tehát elsőként bizonyította, hogy egy teljes áramkör elemei egy félvezetődarabon is létrehozhatók.

Noyce pedig kidolgozta azt a szilíciumalapú, monolitikus megoldást, amely az integrált áramkörök ipari tömeggyártásának alapja lett. Ma mindkettőjüket az integrált áramkör társfeltalálójaként tartják számon.

Képaláírás:
Jack Kilby és Robert Noyce, az integrált áramkör egymástól függetlenül dolgozó úttörői. Kilby elkészítette az első működő integrált áramkört, Noyce pedig megalkotta annak jól gyártható, szilíciumalapú változatát.

14.2. Mi az integrált áramkör?

A hagyományos elektronikus készülék különálló alkatrészekből áll:

- tranzisztorokból,
- diódákból,
- ellenállásokból,
- kondenzátorokból,
- valamint az ezeket összekötő vezetékekből.

Az integrált áramkörben ezeknek az elemeknek legalább egy részét **ugyanazon félvezetőlapkán**, egyetlen gyártási folyamat során hozzák létre.

Az áramkör tehát nem úgy készül, hogy mikroszkopikus tranzisztorokat csipesszel egymás mellé helyeznek.

A tranzisztorokat és összeköttetéseiket **közvetlenül a szilícium anyagában és felületén alakítják ki**.

Az integrált áramkör három egymásba illeszkedő fogalommal írható le:

LAPKA – CHIP – TOK

A lapka

A lapka – angolul *die* – maga az apró szilíciumdarab, amelyen az elektronikus áramkör található.

Ez gyakran csak néhány milliméter vagy néhány centiméter széles.

A chip

A *chip* szó eredetileg vékony szilánkot, forgácsot jelentett. A köznyelvben általában magát a félvezetőlapkát vagy a tokozott integrált áramkört nevezzük így.

A tok

A csupasz szilíciumlapka rendkívül sérülékeny. Ezért műanyag-, kerámia- vagy fémtokba helyezik.

A tok:

- mechanikailag védi a lapkát,
- elvezeti a keletkező hő egy részét,
- és kivezetésekkel kapcsolja az áramkört a külvilághoz.

A tok belsejében a lapkát hajszálvékony huzalok vagy apró érintkezőpontok kapcsolják a külső lábakhoz.

Javasolt kép: nyitott integrált áramköri tok.

Képaláírás:
Felnyitott integrált áramkör. Középen látható a parányi szilíciumlapka, amelyet hajszálvékony kötőhuzalok kapcsolnak a tok külső kivezetéseihez.

Mit tartalmazhat egy chip?

Egy integrált áramkör feladata nagyon különböző lehet.

Lehet:

- egyszerű logikai kapu,
- erősítő,
- számláló,
- memória,
- órajel-generátor,
- teljes központi feldolgozóegység,
- vagy akár egy majdnem teljes számítógéprendszer.

Az integráció legfontosabb következménye az lett, hogy az áramkörök méretének csökkenésével nemcsak olcsóbbá, hanem **gyorsabbá és megbízhatóbbá** is váltak.

A chipen belüli összeköttetések sokkal rövidebbek, mint egy különálló alkatrészekből épített áramkör vezetékei. Az elektromos jeleknek ezért kisebb távolságot kell megtenniük.

Ráadásul eltűnik rengeteg forrasztási pont és külső vezeték, amelyek korábban gyakori hibaforrásnak számítottak.

14.3. SSI, MSI, LSI, VLSI

Az integrált áramkörök fejlődését sokáig az egy lapkán elhelyezett logikai elemek vagy tranzisztorok száma alapján csoportosították.

A határok nem voltak minden időszakban és minden gyártónál teljesen azonosak, de az elnevezések jól mutatják az integráció gyors növekedését.

SSI – Small-Scale Integration

Kis integráltságú áramkör.

Az 1960-as évek első integrált áramkörei rendszerint csak néhány vagy néhány tucat tranzisztort tartalmaztak.

Egyetlen SSI áramkör gyakran csak néhány egyszerű logikai kaput – például ÉS, VAGY vagy NEM kaput – valósított meg.

Egy számítógéphez még sok száz vagy sok ezer különálló IC-re volt szükség.

MSI – Medium-Scale Integration

Közepes integráltságú áramkör.

Az 1960-as évek második felében és az 1970-es évek elején már több tucat vagy néhány száz tranzisztort lehetett egy lapkára helyezni.

Egyetlen áramkör már összetettebb funkciót is elláthatott:

- számlálót,
- regisztert,
- összeadót,
- dekódert,
- multiplexert.

LSI – Large-Scale Integration

Nagy integráltságú áramkör.

Az LSI áramkörök már több ezer, később több tízezer tranzisztort tartalmazhattak.

Ez tette lehetővé, hogy egy számítógép egyre nagyobb funkcionális egységei kerüljenek egyetlen lapkára.

Az első mikroprocesszorok is az LSI-korszak termékei voltak.

VLSI – Very-Large-Scale Integration

Nagyon nagy integráltságú áramkör.

A VLSI megjelölést eredetileg a több tízezer vagy több százezer tranzisztort tartalmazó chipekre használták.

Ma azonban egy fejlett processzor már több tízmilliárd tranzisztort is tartalmazhat. Emiatt a régi elnevezések elvesztették korábbi megkülönböztető erejüket.

Elméletileg megjelentek további kifejezések is:

- ULSI – *Ultra-Large-Scale Integration*,
- GSI – *Giga-Scale Integration*.

Ezek azonban nem váltak olyan általánosan használttá, mint az SSI–MSI–LSI–VLSI felosztás.

Integrációs fok	Jellemző korai nagyságrend	Tipikus funkció
SSI	néhány–néhány tíz tranzisztor	egyszerű logikai kapuk
MSI	több tíz–néhány száz	számlálók, regiszterek, összeadók
LSI	több száz–több tízezer	memóriák, vezérlőegységek, korai processzorok
VLSI	több tízezer fölött	mikroprocesszorok, nagy memóriák, összetett rendszerek

A táblázat számai csak hozzávetőleges történeti kategóriák. A lényeg nem a pontos határérték, hanem a fejlődés iránya:

Egyre több elektronikus funkció került ugyanarra a lapkára.

14.4. A chipgyártás alapjai

Egy modern chip elkészítése az emberiség egyik legbonyolultabb ipari folyamata.

A gyártás alapanyaga rendszerint a szilícium.

Ez azért különösen érdekes, mert a szilícium a földkéreg egyik leggyakoribb eleme. Vegyületei a homokban és számos kőzetben megtalálhatók.

A mikroelektronikában azonban rendkívül tiszta, szabályos kristályszerkezetű szilíciumra van szükség.

1. A szilícium megtisztítása

A kiindulási anyagot többlépcsős vegyi és fizikai eljárásokkal rendkívüli tisztaságúra finomítják.

Már nagyon kis mennyiségű szennyeződés is megváltoztathatná a félvezető elektromos tulajdonságait.

2. Egykristály növesztése

Az olvadt szilíciumból lassú forgatással és húzással hosszú, henger alakú egykristályt növesztenek.

Ezt gyakran a kidolgozójáról elnevezett **Czochralski-eljárással** végzik.

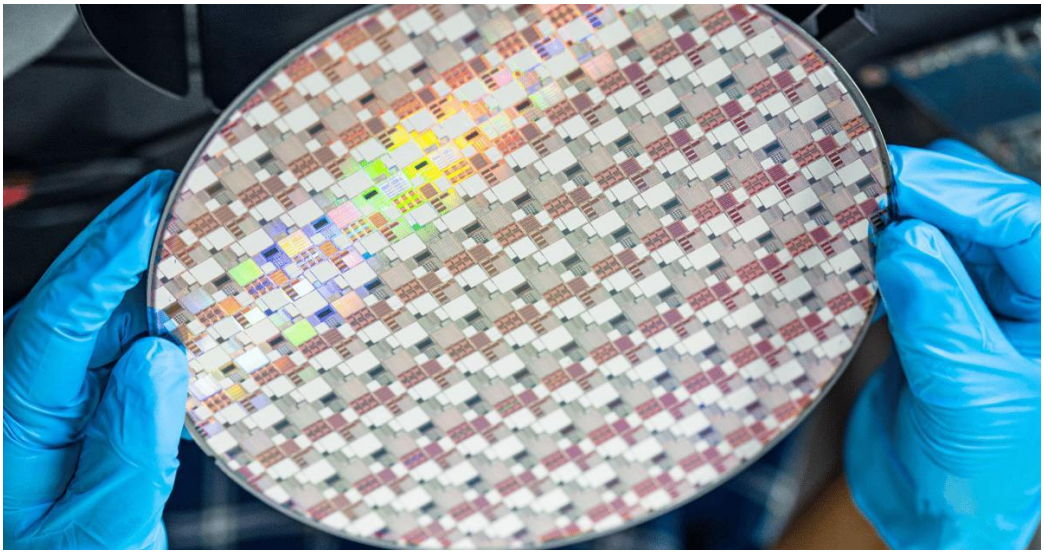
A kristályrúd szerkezetében az atomok szabályos rendben követik egymást.

3. Szeletek készítése

A henger alakú kristályt nagyon vékony korongokra vágják.

Ezek a **wafernek** nevezett szilíciumszeletek.

Felületüket rendkívül simára csiszolják és polírozzák. Egy mai gyártósoron gyakran 300 milliméter átmérőjű wafereket használnak.



Képaláírás:
Integrált áramkörök százait tartalmazó szilíciumszelet. A gyártás során ugyanazt az áramköri mintázatot sokszor egymás mellett alakítják ki, majd a szeletet különálló lapkákra vágják.

4. Szigetelő és vezető rétegek létrehozása

A szilícium felületén vékony szigetelő-, félvezető- és fémrétegeket alakítanak ki.

Egy modern chip nem egyszerűen sík rajzolat.

Sok egymásra épülő rétegből álló, mikroszkopikus háromdimenziós szerkezet.

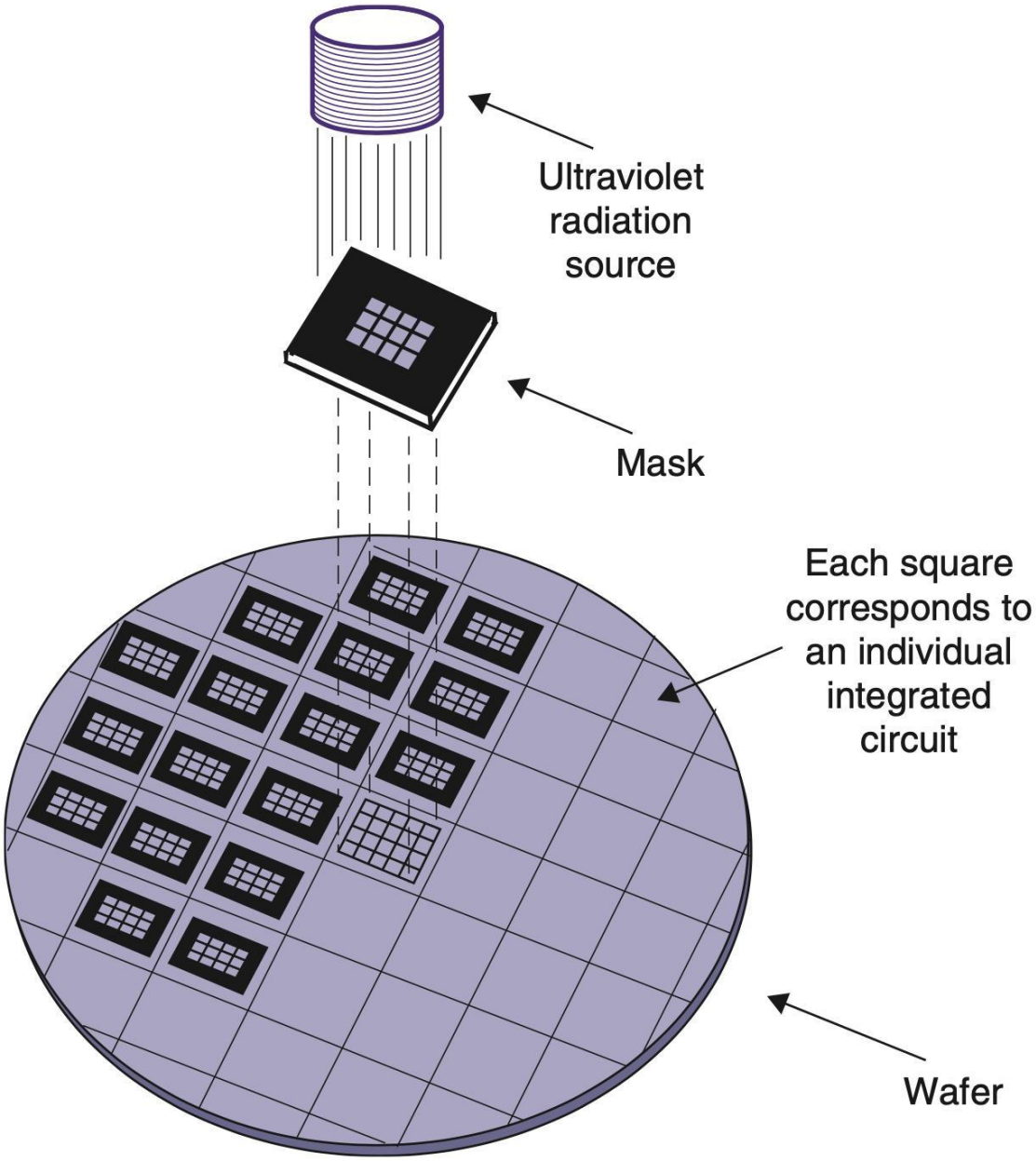
5. Fotolitográfia

A fotolitográfia során fényérzékeny anyagot, úgynevezett fotorezisztet visznek fel a waferre.

Ezután egy mintázatot tartalmazó maszkon keresztül fénnyel világítják meg.

A megvilágított és nem megvilágított részek eltérően reagálnak az előhívásra, így a maszk mintázata átkerül a wafer felületére.

Ez kissé a fényképezéshez vagy a nyomtatáshoz hasonlítható, csak rendkívül kis méretben.



Képaláírás:
A fotolitográfia alapelve. A maszkon kialakított mintát fény vetíti a fényérzékeny réteggel bevont szilíciumszeletre. Egy chip elkészítésekor ezt a műveletsort sokszor, egymásra illesztett rétegekkel ismétlik meg.

6. Maratás

Ahol a fényérzékeny réteg nem védi a felületet, ott vegyi vagy plazmás maratással eltávolíthatják az anyag egy részét.

Így jönnek létre a rendkívül finom áramköri mintázatok.

7. Adalékolás

A tiszta szilícium elektromos tulajdonságait kis mennyiségű idegen atom bejuttatásával módosítják.

Ezt nevezzük **adalékolásnak.**

Az adalékolással különböző vezetési tulajdonságú, úgynevezett p- és n-típusú területeket alakítanak ki. Ezek határfelületeiből épülnek fel a tranzisztorok.

8. Fémes összeköttetések

A tranzisztorokat vékony fémvezetékek kapcsolják össze.

Egy korszerű processzorban sok egymás fölötti összekötő réteg lehet. Ezek együtt olyan bonyolult hálózatot alkotnak, mint egy többszintes, parányi nagyváros úthálózata.

9. Tesztelés és darabolás

A wafer elkészülte után minden lapkát elektromosan megvizsgálnak.

Ezután a szeletet különálló chipekre vágják.

Nem minden lapka működik hibátlanul. A gyártás eredményességét a használható lapkák aránya, a **kihozatal** is meghatározza.

10. Tokozás

A működő lapkákat tokba szerelik, összekapcsolják a külső érintkezőkkel, majd ismét tesztelik.

Egy chip elkészítése több száz vagy akár több ezer technológiai lépést és heteket, esetenként hónapokat igényelhet.

A végeredmény azonban egy körömnyi lapka, amelyen milliárdnyi elektronikus kapcsoló működik együtt.

14.5. Moore törvénye

1965-ben a *Electronics* című folyóirat arra kérte **Gordon E. Moore-t**, a Fairchild Semiconductor kutatási igazgatóját, hogy írjon arról, hogyan fejlődhet a félvezetőipar a következő évtizedben.

Moore megvizsgálta az addig elkészült integrált áramköröket.

Azt figyelte meg, hogy az egy chipen gazdaságosan elhelyezhető alkatrészek száma nagyjából évenként megkétszereződött.

Ebből azt jósolta, hogy ez a tendencia még legalább tíz évig folytatódhat.

1975-ben módosította előrejelzését: a megkétszereződés ütemét körülbelül kétévenkéntire becsülte.

Ezt nevezték el később **Moore törvényének**.

Fontos azonban, hogy Moore nem természeti törvényt fedezett fel.

A gravitáció nem azért működik, mert a mérnökök minden évben hatalmas összegeket költenek rá.

Moore törvénye viszont csak azért maradhatott hosszú ideig érvényes, mert:

- új gyártási eljárásokat dolgoztak ki,
- egyre pontosabb gépeket építettek,
- új anyagokat vezettek be,
- és óriási összegeket fektettek kutatásba és gyártásba.

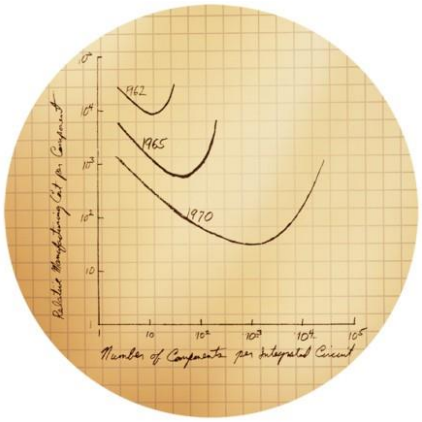
A tranzisztorszám növekedése nem jelentette automatikusan azt, hogy minden számítógép pontosan kétévente kétszer gyorsabbá vált.

A teljesítményt sok más tényező is befolyásolja:

- az órajel,
- a processzor felépítése,
- a memória sebessége,
- a párhuzamos feldolgozás,
- a program minősége,
- valamint az energiafogyasztás és a hőtermelés.

Moore törvénye mégis a technikatörténet egyik legsikeresebb előrejelzésének bizonyult. Nemcsak leírta a félvezetőipar fejlődését, hanem évtizedeken át célkitűzést is adott számára.





Képaláírás:
Gordon Moore, a Fairchild Semiconductor, majd az Intel egyik alapítója. 1965-ben felismerte, hogy az integrált áramkörök összetettsége közel exponenciálisan növekszik.

14.6. Integrált áramkörös számítógépek

Az első integrált áramkörök drágák és viszonylag egyszerűek voltak.

Kezdetben nem az otthoni elektronikai készülékekben, hanem olyan területeken alkalmazták őket, ahol a kis méret és a kis tömeg különösen fontos volt.

Katonai és űrtechnikai alkalmazások

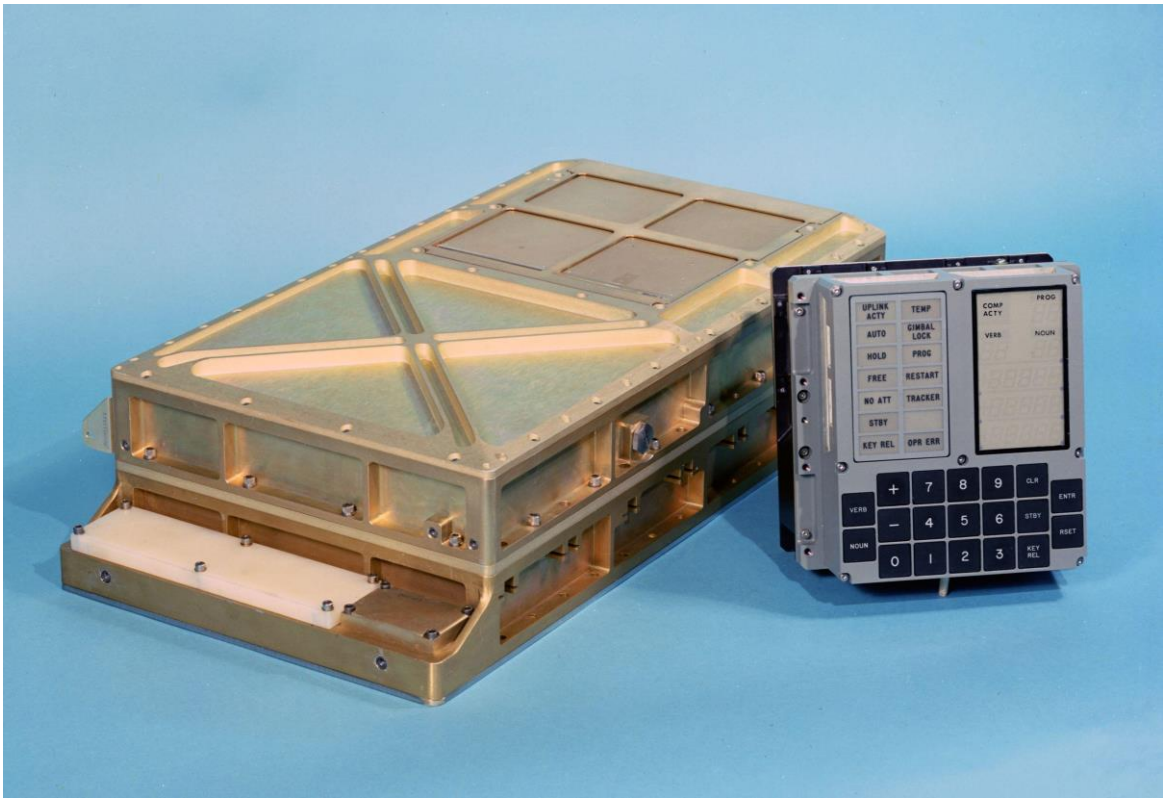
Az integrált áramkör egyik első nagy megrendelője az amerikai hadsereg és az űrprogram volt.

A **Minuteman rakéták** vezérlőrendszerében, valamint az **Apollo-program** fedélzeti számítógépében is integrált áramköröket használtak.

Az Apollo Guidance Computer nem volt a korszak legerősebb számítógépe.

De kicsinek, könnyűnek és rendkívül megbízhatónak kellett lennie.

Az űrhajó fedélzetén nem lehetett egy termet megtöltő számítógépet elhelyezni.



Képaláírás:
Az Apollo Guidance Computer. Az integrált áramkörök tették lehetővé, hogy a Hold-program navigációs számítógépe elférjen az űrhajó fedélzetén.

IBM System/360

1964-ben az IBM bejelentette a **System/360** számítógépcsaládot.

A System/360 jelentősége nem csupán abban állt, hogy korszerű elektronikus áramköröket használt.

Az IBM egy teljes, egymással kompatibilis gépcsaládot hozott létre.

A vásárló kisebb géppel kezdhette, majd nagyobbra válthatott anélkül, hogy minden programját teljesen újra kellett volna írnia.

Ez ma magától értetődőnek tűnik, akkor azonban forradalmi elképzelés volt.

A System/360 nem hagyományos, egyetlen szilíciumlapkára készített monolitikus IC-ket alkalmazott mindenhol, hanem az IBM saját **Solid Logic Technology**, röviden SLT moduljait. Ezek parányi kerámialapkákra szerelt tranzisztorokat, diódákat és ellenállásokat foglaltak közös egységbe.

Technikailag tehát átmenetet jelentettek a különálló tranzisztorok és a teljesen monolitikus integrált áramkörök között.

Mégis a System/360 testesítette meg azt az új korszakot, amelyben a számítógép már nem egyedi gép, hanem hosszú távra tervezett, kompatibilis rendszer lett. Az IBM szerint a család közös architektúrája új üzleti és technikai modellt teremtett a számítástechnikában.



Képaláírás:
IBM System/360 számítógéprendszer az 1960-as évekből. A különböző teljesítményű modellek közös architektúrája lehetővé tette a programok és perifériák korábbinál szélesebb körű kompatibilitását.

A harmadik generáció

A számítógépek hagyományos generációs felosztásában az integrált áramkörös gépeket gyakran a **harmadik generációhoz** sorolják.

A váltás azonban itt sem egyik napról a másikra történt.

Sok számítógépben keveredtek a technológiák:

- különálló tranzisztorok,
- hibrid modulok,
- kis integráltságú áramkörök,
- ferritgyűrűs memóriák.

Az integrált áramkörök terjedésével a számítógépek:

- kisebbek,
- gyorsabbak,
- olcsóbbak,
- energiahatékonyabbak,
- és megbízhatóbbak lettek.

Egyre kisebb vállalatok, egyetemek és laboratóriumok engedhették meg maguknak a használatukat.

A számítógép azonban továbbra is szekrény vagy asztal méretű gép volt.

A következő lépéshez egy egész központi feldolgozóegységet kellett egyetlen chipre helyezni.

Ebből született meg a **mikroprocesszor.**

Hány tranzisztor fér egy körömnyi lapkára?

Az első működő tranzisztor 1947-ben akkora volt, hogy kézzel össze lehetett szerelni, és szabad szemmel jól látható volt.

Kilby első integrált áramköre 1958-ban mindössze néhány alkatrészt tartalmazott.

Az Intel 4004 mikroprocesszor 1971-ben körülbelül **2300 tranzisztorból** állt.

A későbbi fejlődés nagyságrendjei:

Időszak	Jellemző tranzisztorszám egy fejlett processzorban
1970-es évek	ezrek–tízezrek

Időszak	Jellemző tranzisztorszám egy fejlett processzorban
1980-as évek	százezrek–milliók
1990-es évek	milliók–tízmilliók
2000-es évek	százmilliók–milliárdok
2020-as évek	tízmilliárdok, összetett rendszerekben ennél is több

Egy mai körömnyi szilíciumlapka tehát **több tízmilliárd tranzisztort** tartalmazhat.

Ez olyan szám, amelyet nehéz elképzelni.

Ha egy chip 50 milliárd tranzisztorát egyenként, másodpercenként egy darab ütemben számolnánk meg, a számlálás közel **1600 évig** tartana.

A tranzisztorok közül azonban nem mindegyik végez egyszerre önálló „számítást”. Logikai kapukat, regisztereket, gyorsítótárakat, vezérlőegységeket és sok más áramköri egységet alkotnak.

Moore törvénye – törvény, jóslat vagy önbeteljesítő program?

A „Moore törvénye” elnevezés kissé félrevezető.

Nem olyan természeti törvény, mint Newton mozgástörvényei.

Nem bizonyítja matematika, és nem kényszeríti ki a természet.

Eredetileg **megfigyelés és előrejelzés** volt.

Gordon Moore 1965-ben azt vette észre, hogy az integrált áramkörökön gazdaságosan elhelyezhető alkatrészek száma évről évre gyorsan növekszik. Feltételezte, hogy ez a fejlődés még körülbelül egy évtizedig folytatódhat.

A jóslat meglepően pontosnak bizonyult.

Ezután azonban valami különös történt.

A félvezetőipar szereplői Moore megfigyelését tervezési céllá változtatták.

A gyártók ahhoz igazították:

- kutatási programjaikat,
- új gyáraik építését,
- gépbeszerzéseiket,
- termékfejlesztési ütemterveiket,
- és gazdasági várakozásaikat.

A megfigyelésből ipari útiterv lett.

Ha egy vállalat nem tudta követni az ütemet, versenyhátrányba került. Ezért minden szereplő hatalmas erőfeszítéseket tett azért, hogy Moore törvénye továbbra is igaz maradjon.

Ebben az értelemben **önbeteljesítő programként** is működött. Az Intel saját történeti összefoglalója is úgy jellemzi, hogy a megfigyelés idővel az ipar ösztönző céljává vált.

A fejlődés azonban egyre nehezebbé vált.

A tranzisztorok méretének csökkentésekor már atomi méretskálákhoz közelítünk. Növekszik a szivárgó áram, a hőtermelés, a gyártás bonyolultsága és a gyárak költsége.

Ezért Moore törvénye ma már nem feltétlenül ugyanúgy folytatódik, mint a 20. század második felében.

A fejlődés új utakat keres:

- több processzormagot,
- speciális gyorsítóegységeket,
- háromdimenziós chipfelépítést,
- chipleteket,
- új tranzisztorszerkezeteket,
- fejlettebb tokozást,
- és az adott feladathoz tervezett processzorokat.

Moore törvénye tehát egyszerre volt:

megfigyelés, mert egy létező tendenciából indult ki;

jóslat, mert előrevetítette a következő évek fejlődését;

és **önbeteljesítő program**, mert az egész félvezetőipar célként kezdte követni.

Talán éppen ezért maradhatott olyan sokáig érvényes.

Moore nem a természet jövőjét jósolta meg. A mérnökök lehetőségeit és elszántságát ismerte fel.

Átvezetés a következő fejezethez

Az integrált áramkör egyre több logikai elemet foglalt magába.

Először néhány kaput.

Aztán egy számlálót vagy regisztert.

Később egy teljes aritmetikai egységet.

Ekkor már csak egy újabb lépés hiányzott:

Miért ne helyezhetnénk a számítógép teljes központi feldolgozóegységét egyetlen integrált áramkörre?

A válasz 1971-ben érkezett meg.

Az Intel 4004-gyel megszületett a **mikroprocesszor** – érdekes módon nem egy számítógép, hanem egy számológép számára.

15. Az elektronikus számológép

A mechanikus számológépek története több évszázadon át a fogaskerekek, tengelyek és karok tökéletesítéséről szólt. A 20. század közepén azonban alapvető változás következett be: a számolás mechanikus mozgások helyett egyre inkább elektromos, majd elektronikus jelek segítségével történt.

Az átmenet nem egyik napról a másikra zajlott. Sokáig egymás mellett éltek a kézi hajtású, villanymotoros mechanikus, elektromechanikus és elektronikus gépek. Az 1960-as években azonban olyan gyors fejlődés kezdődött, hogy alig másfél évtized alatt az íróasztalnyi számológépből zsebben hordható eszköz lett.

Ez a történet egyben az elektronika miniatürizálásának története is:



15.1. Elektromechanikus asztali számológépek

Az első villamos számológépek valójában még mechanikus gépek voltak. Az elektromotor nem maga számolt, hanem az ember kezét helyettesítette: meghajtotta a fogaskerekeket és a mechanikus regisztereket.

A Friden, Marchant, Monroe, Facit és más gyártók gépei az irodák megszokott eszközeivé váltak. Összeadni és kivonni gyorsan tudtak, a szorzást és osztást pedig ismételt műveletekkel végezték.

A villanymotor jelentősen gyorsította a munkát, de a mechanika korlátai megmaradtak. A gépek nehezek, zajosak és bonyolultak voltak, rengeteg precíziós alkatrészből álltak.

Érdemes itt hangsúlyozni:

Az elektromos számológép még nem feltétlenül elektronikus számológép.

Ez a különbség ma már könnyen elmosódik.

15.2. Elektroncsöves számológépek

Az elektroncsövek megjelenésével felmerült a gondolat: ha elektronikus áramkörökkel számítógépet lehet építeni, miért ne lehetne ugyanezt egy asztali számológéppel is megtenni?

A probléma elsősorban a méret, a fogyasztás és a hőtermelés volt. Egy elektroncsöves számológép elektronikus része önmagában is tekintélyes helyet foglalhatott el.

Ezért az elektroncsöves korszak a számológépeknél viszonylag rövid átmeneti időszakot jelentett. Történelmi jelentősége azonban nagy: bebizonyította, hogy a mechanikus számolómechanizmus teljesen elhagyható.

15.3. ANITA



Az egyik legfontosabb mérföldkő az **ANITA** volt. Nevét általában az *A New Inspiration To Arithmetic/Accounting* feloldással hozzák kapcsolatba.

A brit Bell Punch vállalat számológépes részlege által kifejlesztett ANITA Mk VII és Mk 8 gépeket 1961-ben mutatták be. Ezeket szokás az első kereskedelmi forgalomba került, teljesen elektronikus asztali számológépek között – illetve gyakran az első ilyen gépként – említeni.

Az ANITA még nem volt kicsi. Elektroncsöves technikája miatt nagy és nehéz berendezés volt, de működési elvében már a következő korszakhoz tartozott.

Különösen érdekes átmeneti tárgy: külső megjelenése még a mechanikus irodai számológépek világát idézte, belül azonban már elektronika dolgozott.

15.4. Tranzisztoros számológépek

A tranzisztor alapvetően megváltoztatta a helyzetet. Kisebb volt, kevesebb energiát fogyasztott, kevésbé melegedett és megbízhatóbbnak bizonyult az elektroncsőnél.

Az 1960-as évek első felében megjelentek a teljesen tranzisztoros asztali számológépek. Különösen a japán vállalatok ismerték fel gyorsan az új piac lehetőségét.

A számológép ekkor még drága irodai berendezés volt. Ugyanakkor megkezdődött az a verseny, amely a következő évtizedben elképesztő méret- és árcsökkenéshez vezetett.

15.5. IC-s számológépek

Az integrált áramkör volt az igazi fordulópont.

A tranzisztoros gépekben még sok száz vagy akár több ezer különálló elektronikai alkatrészt kellett összekapcsolni. Az integrált áramkörök ezek egyre nagyobb részét egyetlen félvezető lapkára helyezték.

Ennek következtében a számológépek:

kisebbek → könnyebbek → olcsóbbak → kevesebbet fogyasztók → megbízhatóbbak

lettek.

A számológépipar ráadásul nemcsak felhasználója volt a félvezetőipar fejlődésének, hanem ösztönzője is. Óriási piac alakult ki az olyan áramkörök számára, amelyek egyre több számológépfunkciót tudtak egyetlen chipen megvalósítani.

Innen már csak egy lépés következett:

Miért építsünk külön áramkört minden számológéptípushoz, ha készíthetünk egy programozható általános áramkört?

Ezzel már a mikroprocesszor történetéhez érkezünk.

15.6. Wang, Sharp, Casio, HP, Texas Instruments


LOCI-2


C
SHARP
micro Compet



Az 1960-as és 1970-es években a számológépipar rendkívül gyorsan fejlődött.

Wang elsősorban programozható és tudományos asztali számológépeivel vált jelentőssé. Gépei bizonyos feladatokban már a kisebb számítógépek szerepét közelítették meg.

Sharp és **Casio** a japán elektronikai ipar látványos előretörését képviselte. A méret- és költségcsökkentésben komoly versenyt folytattak.

Hewlett-Packard a tudományos és mérnöki számológépek világában alkotott maradandót.

Texas Instruments különösen érdekes, mert egyszerre volt félvezetőgyártó és számológépgyártó. A vállalat így közvetlenül összekapcsolta a chipfejlesztést a végtermékkel.

A számológép tehát egy időre az elektronikai ipar egyik legfontosabb versenyterepévé vált.

15.7. A zsebszámológép





A hatvanas évek elején egy elektronikus számológép még egy íróasztal jelentős részét elfoglalta. Az évtized végére már felmerült a kérdés: **beleférhet-e az egész gép az ember kezébe?**

1967-ben a Texas Instruments mérnökei elkészítették a **Cal-Tech** nevű kézi számológép prototípusát. Ez még nem tömegtermék volt, hanem annak demonstrációja, hogy a technológia készen áll a miniatürizálás következő lépcsőjére.

1970 körül megjelentek az első kereskedelmi kézi számológépek, majd néhány év alatt valóságos árháború kezdődött.

A korábban státuszszimbólumnak és drága munkaeszköznek számító elektronikus számológépből tömegtermék lett.

Ez társadalmi változást is okozott. Az iskolákban felmerült ugyanaz a kérdés, amely később a számítógépnél, az internetnél, majd a mesterséges intelligenciánál:

Ha a gép elvégzi helyettünk a műveletet, elfelejtünk számolni?

Amikor az 1970-es években megjelentek az olcsó zsebszámológépek, sok tanár és szülő aggódva figyelte terjedésüket. Ha a diák egy gombnyomással megkapja az eredményt, miért tanulná meg a szorzótáblát? Ha a gép összead, szoroz, gyököt von és százalékot számol helyettünk, nem felejtünk-e el végül számolni?

A félelem nem volt teljesen alaptalan. Amit rendszeresen átadunk egy eszköznek, abban valóban csökkenhet a gyakorlottságunk. Ma már sokan egy egyszerű osztást vagy százalékszámítást is automatikusan számológéppel végeznek el.

De a számológép története azt is megmutatta, hogy **az eszköz nem feltétlenül helyettesíti a gondolkodást – inkább áthelyezi annak súlypontját.**

Egy mérnöknek például már nem kell hosszú perceket töltenie egy négyzetgyök vagy logaritmus kézi kiszámításával. Ehelyett több ideje marad annak eldöntésére, hogy mit kell kiszámítani, milyen összefüggést kell alkalmazni, és van-e értelme a kapott eredménynek.

Ez utóbbi különösen fontos. A számológép ugyanis engedelmesen kiszámolja azt is, amit rosszul adtunk meg neki. Ezért a fejben számolás és a nagyságrendi becslés a gépek korában sem vált feleslegessé. Ha egy számítás eredményeként egy személyautó tömege 18 kilogramm, nem a számológépnek kell felismernie, hogy valami nincs rendben.

A történelem során újra és újra hasonló vita bontakozott ki. Az írás megjelenésekor attól tartottak, hogy gyengíti az emlékezetet. A könyvek lehetővé tették, hogy ne kelljen mindent fejben tartani. A számológép átvette a mechanikus számolás egy részét, a számítógép pedig már számítások millióit és milliárdjait végzi el helyettünk.

Ma ugyanezt a kérdést tesszük fel a mesterséges intelligenciával kapcsolatban: **ha a gép már nemcsak számol, hanem szöveget ír, fordít, programoz és problémákat old meg, vajon elfelejtünk-e gondolkodni?**

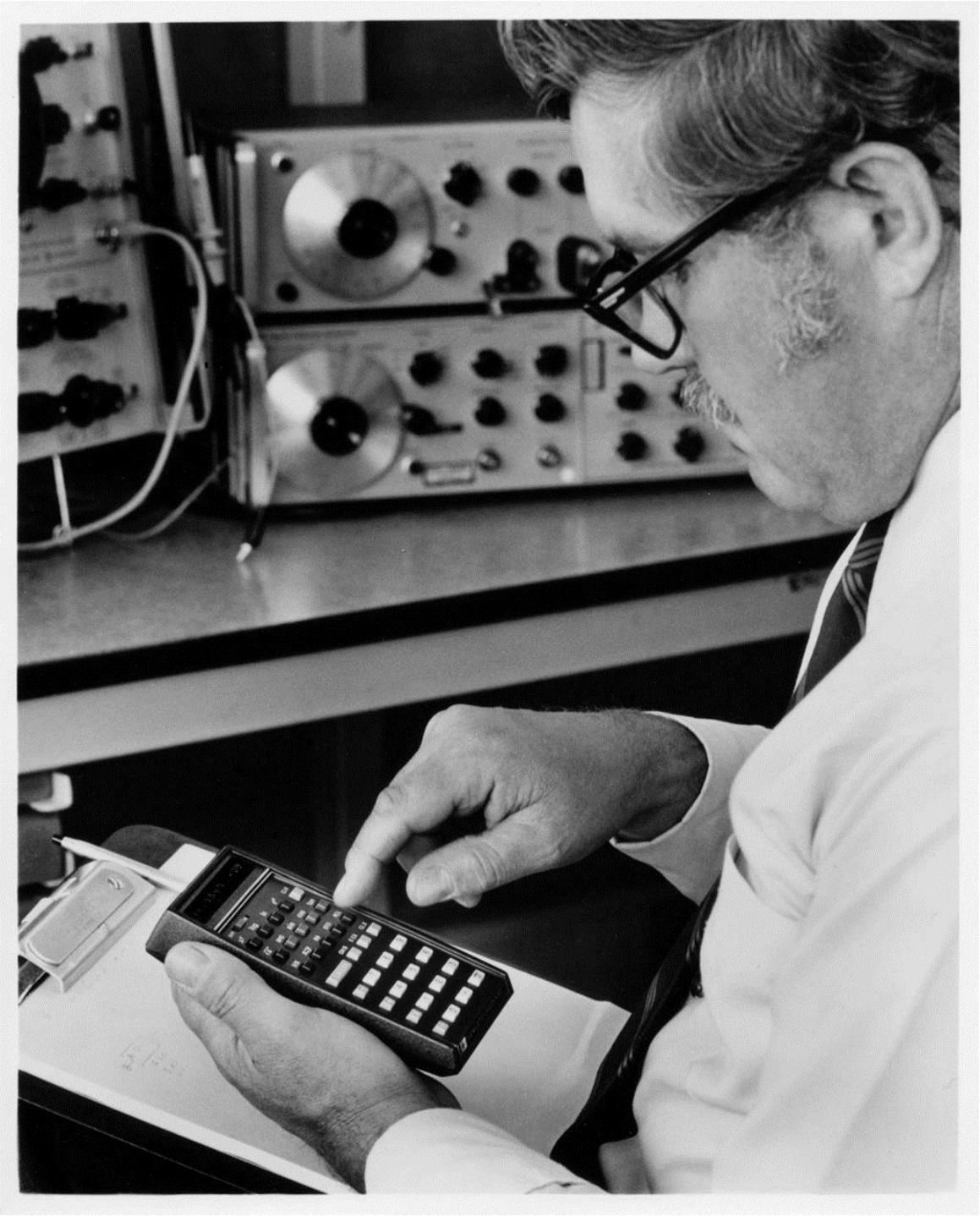
A válasz valószínűleg ugyanaz, mint a számológép esetében. Nem az a döntő, hogy használjuk-e a gépet, hanem az, **hogyan használjuk.**

A jó eszköz nem azért számol helyettünk, hogy ne kelljen gondolkodnunk, hanem azért, hogy többet gondolkodhassunk azon, amit érdemes kiszámítani.

15.8. Tudományos számológépek

1972-ben jelent meg a **HP-35**, amely mérföldkőnek számított: zsebben hordható tudományos számológép volt.





Nemcsak a négy alapműveletet végezte el, hanem trigonometrikus, logaritmikus és exponenciális függvényeket is számolt.

A mérnökök addig gyakran logarlécet használtak. A HP-35 megmutatta, hogy ennek a több évszázados eszköznek hamarosan vége.

A Hewlett-Packard gépei az **RPN**, vagyis fordított lengyel jelölést használták. Például

2 + 3 helyett: **2 ENTER 3 +** formában kellett bevinni a műveletet.

Elsőre szokatlan volt, de összetettebb számításoknál rendkívül hatékony módszernek bizonyult.

15.9. Magyar számológépgyártás – EMG, Híradástechnika

Ez a rész szerintem legyen **a szokásosnál részletesebb**, mert a magyar olvasó számára olyan történetet mutat meg, amely a nemzetközi összefoglalókból szinte mindig kimarad.

Az **Elektronikus Mérőkészülékek Gyára (EMG)** a magyar elektronikai ipar fontos vállalata volt. A mérőműszerek és számítástechnikai berendezések mellett elektronikus számológépek fejlesztésével és gyártásával is foglalkozott.

Hunor számológép család!

A **Híradástechnika Szövetkezet** szintén fontos szereplővé vált.

Licencek

A későbbi évtizedekben a számológépeken túl már a személyi számítógépek történetében is találkozunk vele – gondoljunk majd a **HT-1080Z**-re.

Itt nagyon érdekes folytonosság rajzolható fel:

számológép → elektronikai tapasztalat → digitális technika → mikroszámítógép

---

16. Egy számológép, amely megváltoztatta a világot

A számológép története első pillantásra az egyre kisebb, gyorsabb és olcsóbb számolóeszközök történetének tűnik. Az 1960-as évek végén azonban egy japán számológépgyártó olyan megrendelést adott egy fiatal amerikai félvezetőgyárnak, amelynek következményeit egyik fél sem láthatta előre.

A japán **Busicom** számológépet akart.

Az **Intel** végül mikroprocesszort készített hozzá.

Ezzel pedig – szinte mellékesen – megváltoztatta a számítástechnika történetét.

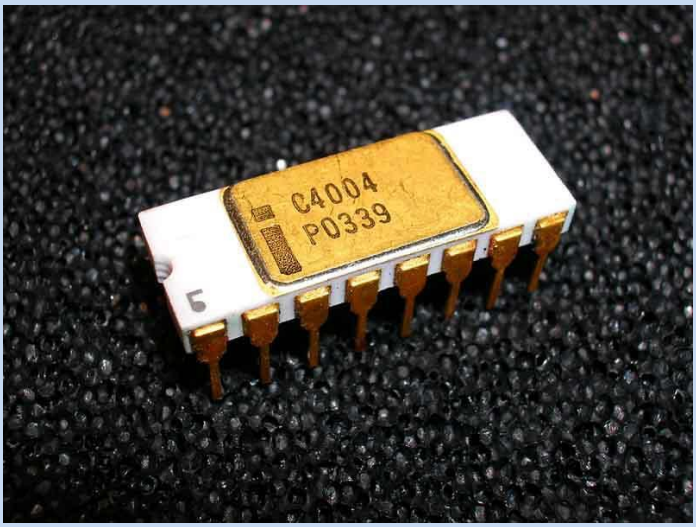
A történet egyik legszebb iróniája:

A mikroprocesszort nem számítógéphez, hanem számológéphez fejlesztették ki.

A számológép, amely megszülte a mikroprocesszort

1969-ben a japán **Busicom** új számológépcsaládhoz rendelt áramköröket az Inteltől. Az eredeti elképzelés több, speciális célú chipből álló rendszer volt. Az Intel mérnökei azonban általánosabban programozható megoldást dolgoztak ki.

Ebből a fejlesztésből született meg 1971-ben az **Intel 4004**, az első kereskedelmi, egyetlen chipre integrált általános célú mikroprocesszorok egyik történelmi mérföldköve.





16.1. A Busicom megrendelése

1969-ben a japán Nippon Calculating Machine Corporation – termékeit Busicom néven forgalmazta – új elektronikus számológépcsalád kifejlesztésén dolgozott. Az Intelhez fordult,

amely akkor még alig egyéves vállalkozás volt, és elsősorban **félvezető memóriák gyártásában** látta a jövőjét.

A japán mérnökök eredeti terve bonyolult volt**.** Mintegy **tizenkét, különböző feladatokra tervezett egyedi integrált áramkört** kívántak használni.

Ez logikus megoldásnak látszott. Az akkori elektronikus számológépekben a műveleteket többnyire erre a konkrét célra kialakított logikai áramkörök végezték.

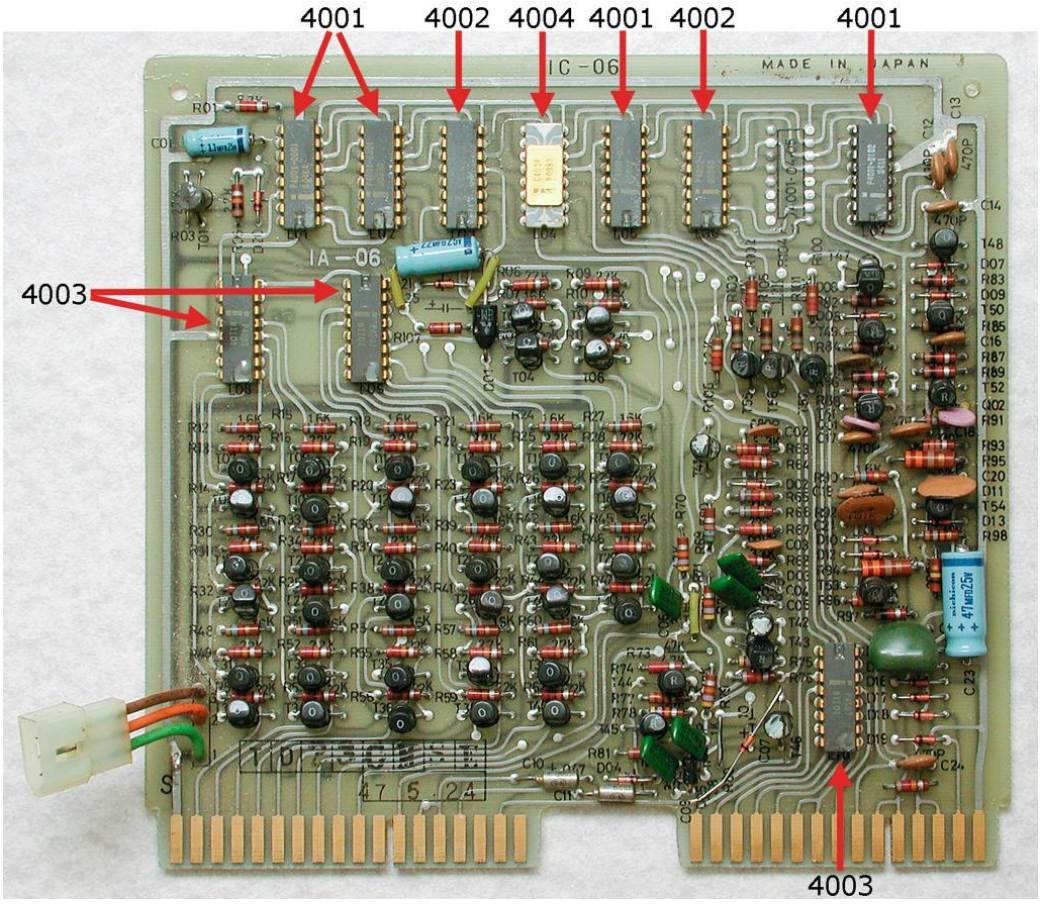
Csakhogy az egyedi chipek tervezése drága volt. Ha új számológéptípust akartak készíteni, az áramköröket is módosítani kellett.

Az Intel egyik mérnökének, **Marcian „Ted" Hoffnak** más ötlete támadt.



5

Kép aláírás: *Busicom 141-PF nyomtatós számológép. A hétköznapi irodai gép belsejében olyan megoldás dolgozott, amely később az egész számítástechnikát átalakította.*



Néhány évvel később azonban már éppen a mikroprocesszor tette lehetővé a személyi számítógépek forradalmát.

A számológép megölte a logarlécet

Évszázadokon át mérnökök, tudósok és technikusok nélkülözhetetlen eszköze volt a logarléc. Az elektronikus tudományos számológépek megjelenése után azonban néhány év alatt szinte teljesen eltűnt a mindennapi használatból.

Ez nagyon jó példája annak, milyen gyorsan képes egy új digitális technológia kiszorítani egy kiforrott, évszázados eszközt.

A harmadik pedig kifejezetten emberközeli:

Keretes: Elbutít-e a számológép?

A zsebszámológépek iskolai megjelenése heves vitákat váltott ki. Sokan attól tartottak, hogy a diákok többé nem tanulnak meg fejben számolni.

A kérdés később újra és újra visszatért:

számológép → számítógép → internet → Wikipédia → okostelefon → mesterséges intelligencia

Mindegyik új eszköznél felmerült: **ha a gép tud valamit helyettünk, akkor nekünk már nem kell tudnunk?**

Talán éppen ez a számológép történetének egyik legérdekesebb tanulsága. Nem egyszerűen egy új gép jelent meg az asztalon, hanem először vált mindennapi tapasztalattá, hogy **egy elektronikus eszköz átvehet az embertől egy korábban megtanulandó szellemi műveletet**.

16.2. Ted Hoff elképzelése

Hoff felismerte, hogy nem feltétlenül kell minden feladathoz külön áramkört tervezni.

Mi lenne, ha készítenének egy **általánosabb központi feldolgozóegységet,** amelynek működését nem kizárólag a huzalozás, hanem egy memóriában tárolt program határozza meg?

Ez alapvető szemléletváltást jelentett.

A korábbi megközelítés lényegében ezt mondta:

más feladat → más hardver

Hoff elképzelése viszont:

más feladat → más program

Ez természetesen nem a programozható számítógép feltalálása volt – a tárolt program elve már régen létezett. Az újdonság az volt, hogy egy számítógép központi feldolgozóegységének lényegét **egyetlen apró integrált áramkörbe** próbálták sűríteni.

Hoff elképzelésének kidolgozásában **Stanley Mazor**, valamint a Busicom mérnöke, **Masatoshi Shima** is fontos szerepet játszott.

De az elképzelést még valódi szilíciumchippé kellett alakítani.

Ehhez érkezett az Intelhez Federico Faggin.

16.3. Federico Faggin



Kép aláírás: *Federico Faggin az Intel 4004 mikroprocesszorral. Hoff alapvető architekturális elképzelését Faggin vezetésével sikerült működő szilíciumáramkörré alakítani.*

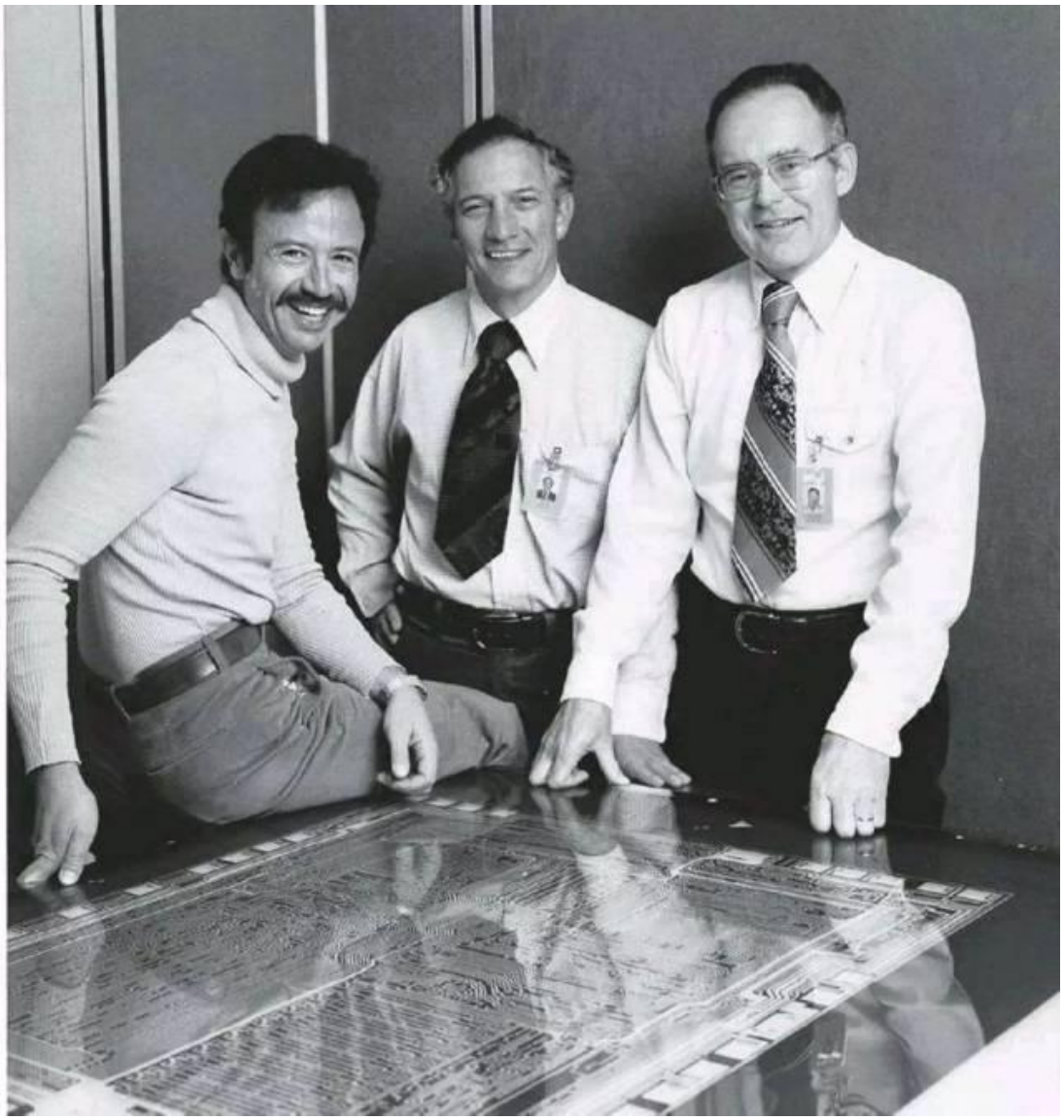
Az olasz származású **Federico Faggin** 1970-ben csatlakozott az Intelhez. Korábban a Fairchildnál dolgozott, ahol jelentős tapasztalatokat szerzett a szilíciumkapus MOS-technológiában.

Ez döntő fontosságúnak bizonyult.

Hoff elképzelése ugyanis önmagában még nem volt mikroprocesszor. A valódi kihívást annak megtervezése jelentette, hogyan férjen el a szükséges logika egyetlen, az akkori technológiával ténylegesen legyártható chipen.

Faggin vezette a részletes áramköri és fizikai tervezést. Szorosan együttműködött Masatoshi Shimával, aki a Busicom oldaláról vett részt a fejlesztésben. Az Intel maga is Hoff, Faggin, Mazor és Shima közös hozzájárulását hangsúlyozza.

Ezért a 4004 történetét nem szerencsés egyetlen „feltalálóhoz” kötni.

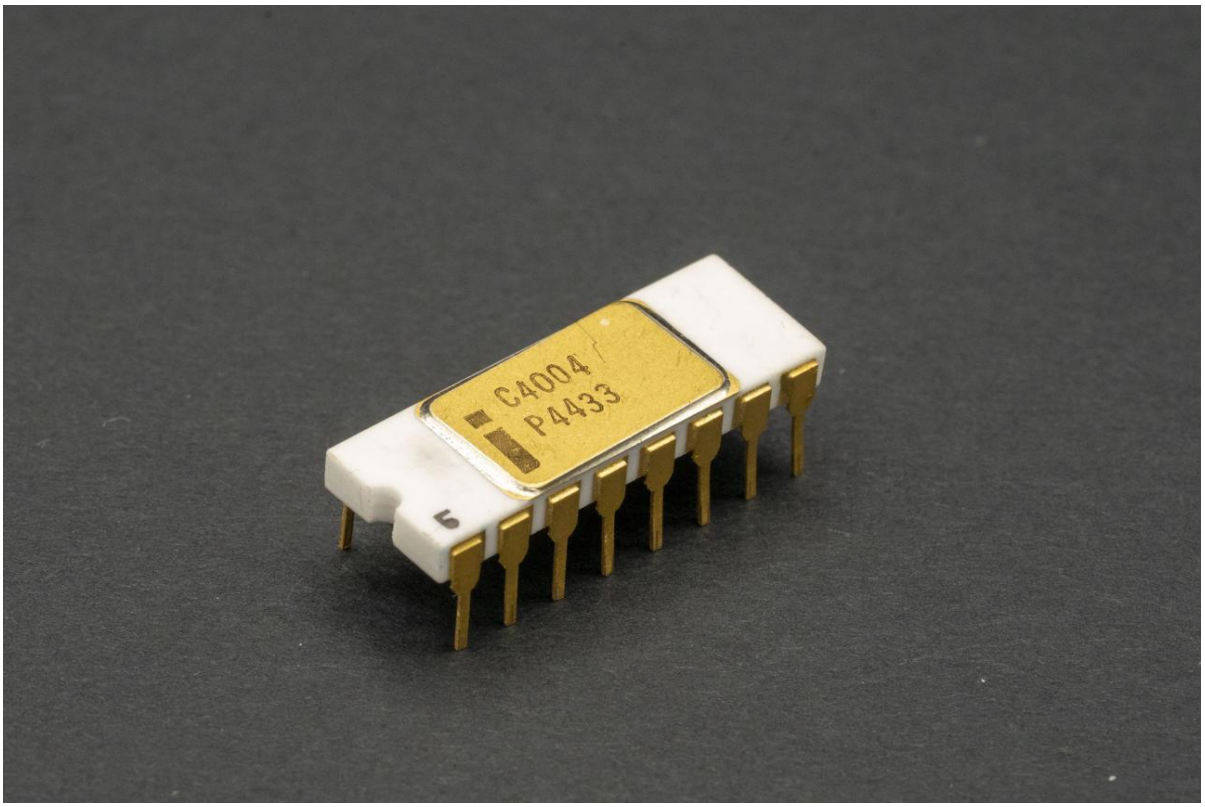


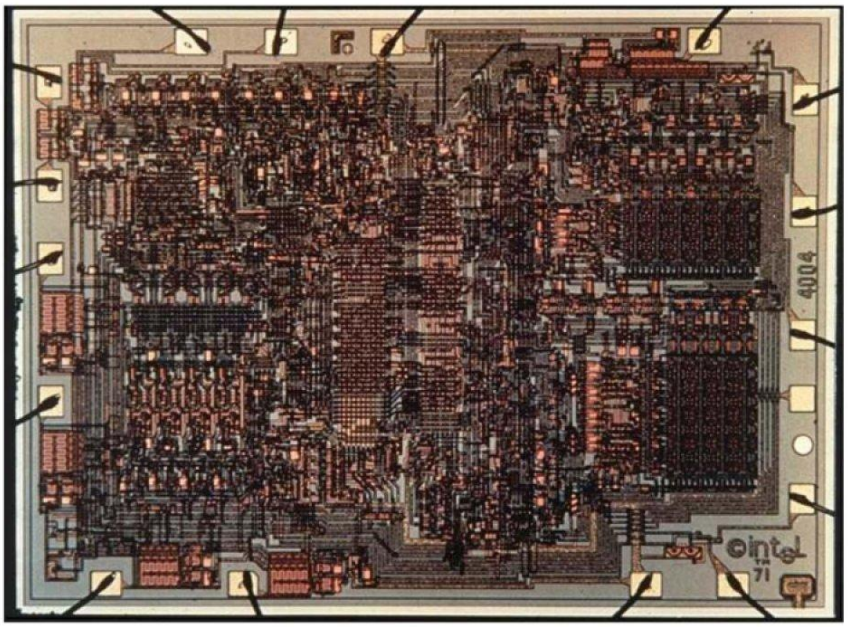
Ted Hoff – koncepció és architektúra
Stanley Mazor – architekturális és programozási munka
Federico Faggin – chiptervezés és megvalósítás
Masatoshi Shima – logikai tervezés és ellenőrzés

A mikroprocesszor megszületése csapatmunka volt.

16.4. Intel 4004 – a mikroprocesszor megszületése

1971-ben elkészült az **Intel 4004**.





Kép aláírás: *Intel 4004 mikroprocesszor. A mindössze néhány milliméteres szilíciumlapkán mintegy 2300 tranzisztor kapott helyet. A korábban sok áramköri egységből felépített központi feldolgozóegység legfontosabb funkciói egyetlen chipre kerültek.*

A 4004 mai szemmel szerény képességű volt:

- **4 bites** processzor,
- körülbelül **2300 tranzisztor**,
- néhány százezer műveletnél is kevesebb utasítás másodpercenként,
- 16 kivezetéses tok.

De nem a sebessége volt forradalmi.

Hanem az, **amit képviselt**.

A 4004 egy programozható CPU volt egyetlen integrált áramkörben. Az Intel MCS-4 család részeként ROM-mal, RAM-mal és I/O-elemekkel együtt már komplett kis számítógéprendszert lehetett köré építeni.

És itt történt egy üzlettörténeti szempontból is sorsdöntő esemény.

A Busicom eredetileg kizárólagos jogokkal rendelkezett a fejlesztésre. A számológéppiacon azonban erősödött az árverseny, ezért a vállalat olcsóbb feltételeket szeretett volna. Az Intel végül visszaszerezte a chip más alkalmazásokra vonatkozó jogait, és önálló termékként is forgalmazhatta.

Ha ez nem történik meg, a mikroprocesszor története akár egészen másképp is alakulhatott volna.

Valóban a 4004 volt az első mikroprocesszor?

Itt érdemes óvatosan fogalmazni.

A „világ első mikroprocesszora” cím attól függ, **pontosan mit nevezünk mikroprocesszornak és mit értünk első alatt**. Az Intel 4004 történelmi elsősége elsősorban abban áll, hogy általánosan megvásárolható, programozható, egyetlen chipre integrált CPU-ként került kereskedelmi forgalomba.

Ugyanebben az időszakban azonban más fejlesztések is zajlottak. A **Texas Instruments** szintén dolgozott egychip-es processzorokon, és mikroprocesszor-szabadalmat is szerzett. Emellett speciális, illetve katonai célú rendszerekben is készültek hasonló megoldások.

A Texas Instruments 1971-ben jelentette be a TMS1802 „calculator-on-a-chip” áramkört is. Ez azonban nem ugyanazt a koncepciót képviselte, mint az önálló 4004 CPU: a számológép működéséhez szükséges ROM, RAM és I/O funkciókat is egy lapkára integrálta.

Ezért a könyvben szerintem a történelmileg pontosabb megfogalmazás:

Az Intel 4004 volt az első kereskedelmi forgalomba került, általánosan programozható egychipes mikroprocesszor, amely önálló termékként is széles körben hozzáférhetővé vált.

16.5. Miért volt forradalmi az általános célú processzor?

A mikroprocesszor igazi jelentőségét nem a 4004 számítási teljesítménye adta.

Hanem az, hogy **szétválasztotta a hardvert és a feladatot.**

Egy céláramkör azt csinálja, amire megépítették.

Egy processzor azt csinálja, **amit a program utasít neki.**

Ugyanaz a processzor megfelelő programmal használható számológépben, mérőműszerben, vezérlőberendezésben vagy terminálban.

Ez óriási gazdasági előnyt jelentett. Nem kellett minden új termékhez teljesen új logikai áramkört tervezni. Nagy sorozatban lehetett ugyanazt a processzort gyártani, és a működését programmal lehetett megváltoztatni.

Tulajdonképpen itt kezdődött el az elektronika **„szoftveresedése”.**

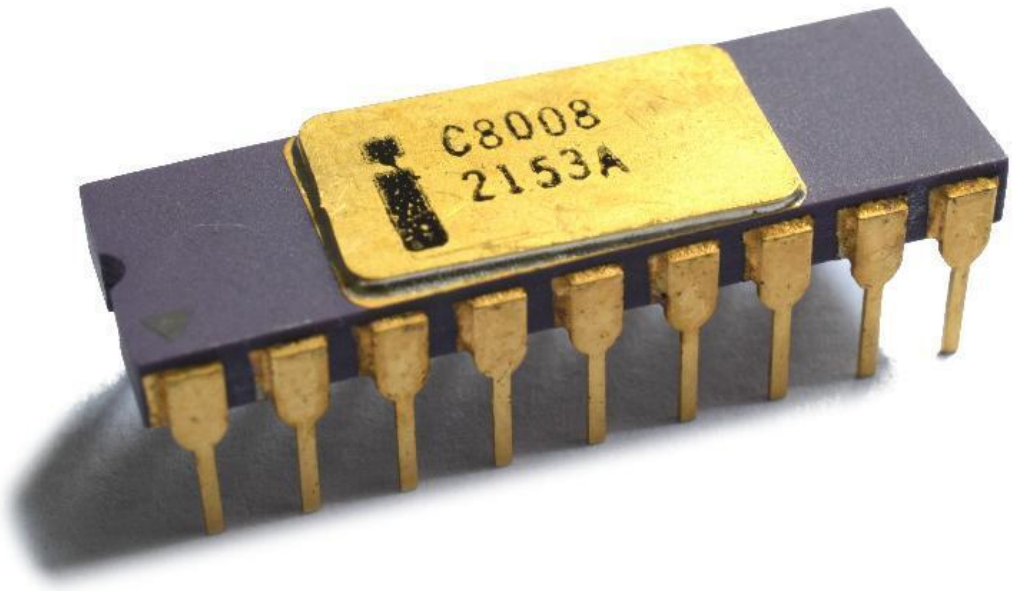
A hardver egyre általánosabb lett.

A funkció egyre inkább a programba költözött.

Ez az elv ma is körülvesz bennünket.

16.6. Intel 8008

A következő fontos lépcső az **Intel 8008** volt, amely 1972 áprilisában jelent meg.



Kép aláírás: *Intel 8008, 1972. Az Intel első 8 bites mikroprocesszora már nem csupán számok, hanem karakterek és általánosabb adatok kezelésére is alkalmasabb volt.*

Érdekes módon a 8008 **nem egyszerűen a 4004 nyolcbites továbbfejlesztése** volt. Más projektből született: eredete a Computer Terminal Corporation – később Datapoint – termináltervéhez vezetett.

Ez azért fontos, mert a gyakran bemutatott

4004 → 8008 → 8080

fejlődési sor technikatörténeti értelemben kissé leegyszerűsítő.

A fejlődés hatását tekintve azonban teljesen jogos: minden új generáció egyre közelebb vitte a mikroprocesszort ahhoz, hogy egy valódi, általános célú kis számítógép központi egysége legyen.

A 8008 már **8 bites** processzor volt, és sokkal szélesebb körű adatfeldolgozásra kínált lehetőséget, mint a számológépekhez optimalizált 4004.

Megjelent tehát a gondolat:

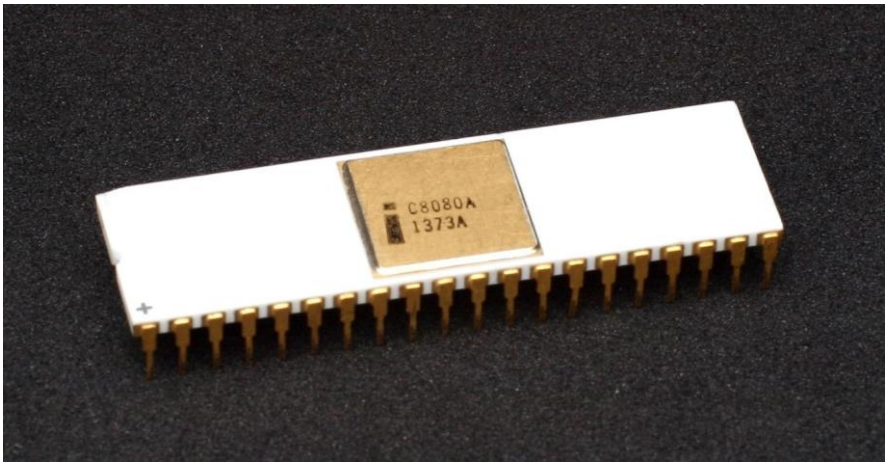
Ha már egy CPU elfér egy chipen, miért ne lehetne köré egy egész kis számítógépet építeni?

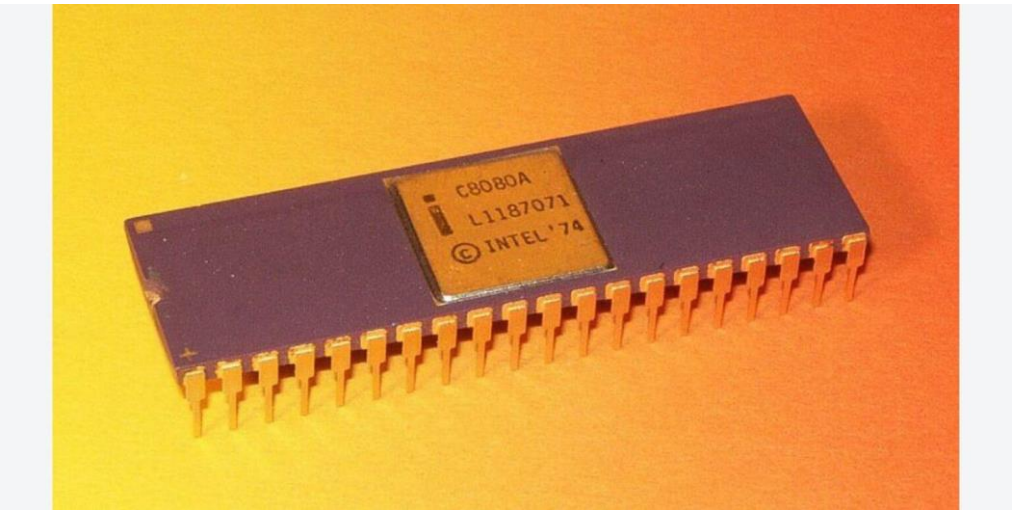
Lehetett.

Csak még nem volt igazán kényelmes.

16.7. Intel 8080

1974-ben az Intel bemutatta a **8080** mikroprocesszort.





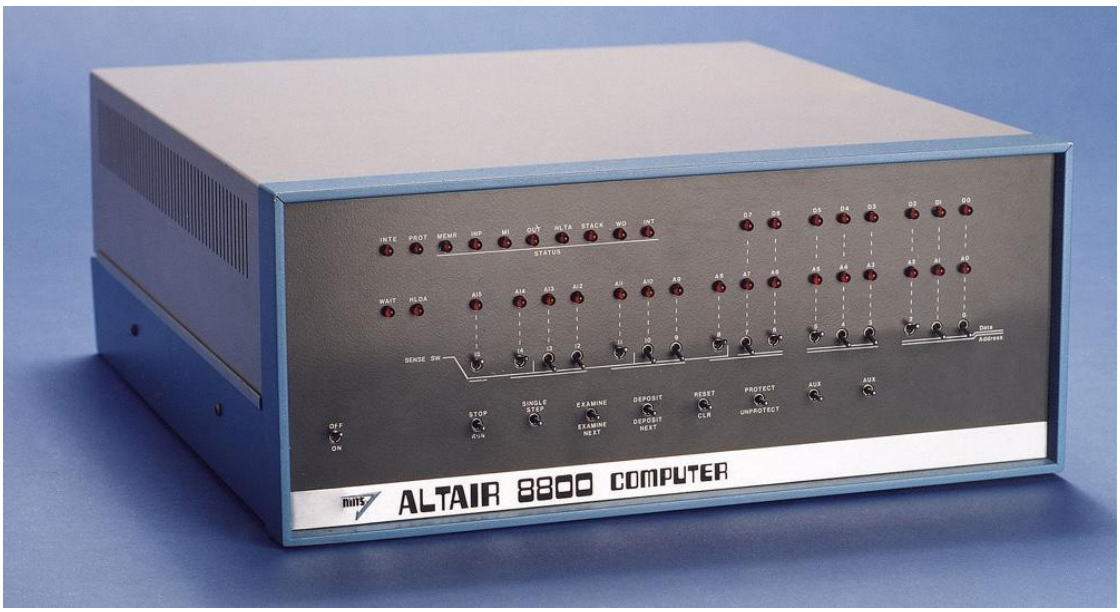
Kép aláírás: *Intel 8080, 1974. Ez a processzor már valóban alkalmas volt általános célú mikroszámítógépek építésére, és döntő szerepet játszott a személyi számítógépek előtörténetében.*

A 8080 már lényegesen használhatóbb általános célú processzor volt. Nagyobb címezhető memóriatartomány, fejlettebb utasításkészlet és praktikusabb rendszerfelépítés jellemezte.

És ami a könyv történetének szempontjából a legfontosabb:

a mikroprocessor kilépett a számológépből.

1975-ben megjelent az **Altair 8800**, amely Intel 8080 processzorra épült. Az Altair a korai mikroszámítógépes forradalom egyik legfontosabb gépévé vált.





Kép aláírás: *MITS Altair 8800, 1975. Az Intel 8080 processzorra épülő gép a mikroszámítógépes forradalom egyik jelképe lett. Még nem hasonlított a későbbi PC-kre: billentyűzet és képernyő helyett kezdetben kapcsolókkal és LED-ekkel kommunikált a felhasználó.*

És ezzel bezárult az első kör.

Egy számológéphez kifejlesztett processzor ötletéből négy év alatt olyan processzorcsalád nőtt ki, amely már személyes használatra szánt számítógépek alapjául szolgálhatott.

A Busicomtól a személyi számítógépig

A történet 1969-ben egy japán számológéppel kezdődött.

A Busicom olyan új számológépcsaládot szeretett volna, amelyhez több speciális integrált áramkört terveztek. Ted Hoff azonban felvetette: miért kellene minden feladathoz külön logikai áramkört építeni, ha ugyanazt egy **programozható központi egység** is elvégezheti?

Federico Faggin, Stanley Mazor és Masatoshi Shima közreműködésével az elképzelésből működő áramkör lett.

1971-ben megszületett az **Intel 4004**.

A 4004 még csak 4 bites volt, és eredetileg számológéphez készült. De bizonyította, hogy egy számítógép központi feldolgozóegysége egyetlen apró szilíciumlapkán is megvalósítható.

Egy évvel később megjelent a **8 bites Intel 8008**.

1974-ben pedig az **Intel 8080**.

Ez utóbbi már elég nagy teljesítményű és rugalmas volt ahhoz, hogy valódi mikroszámítógépet építsenek köré.

1975-ben megjelent az **Altair 8800**.

A gép sikere megmutatta, hogy számítógépet már nemcsak nagyvállalatoknak, egyetemeknek és kutatóintézeteknek lehet készíteni. Egy számítógép akár **egyetlen ember tulajdona** is lehet.

A folyamat néhány év alatt zajlott le:

Busicom számológép
↓
Intel 4004 – 1971
↓
Intel 8008 – 1972
↓
Intel 8080 – 1974
↓
Altair 8800 – 1975
↓
mikroszámítógép
↓
személyi számítógép

A fejlődési lánc természetesen leegyszerűsítés – különösen a 8008 önálló eredete miatt –, de a technológiai változás lényegét nagyszerűen megmutatja.

A számológépipar megteremtette az igényt az olcsó, kicsi és programozható processzorra. A mikroprocesszor pedig végül kinőtte a számológépet, és lehetővé tette, hogy a számítógép az íróasztalunkra kerüljön.

Szerintem ez lehetne a fejezet **egész oldalas, látványos keretes része**, és a fejlődési sort érdemes lenne valódi tárgyfotókkal ábrázolni: **Busicom 141-PF → 4004 → 8008 → 8080 → Altair 8800**. Ez egyetlen képsorban szinte az egész mikroprocesszor-forradalmat elmeséli.

IX. rész – A számítógép személyessé válik

17. A mikroszámítógép megszületése

A mikroprocesszor megszületése önmagában még nem teremtette meg a személyi számítógépet. Ehhez kellett néhány megszállott mérnök és hobbi-elektronikus is, akik felismerték: ha a központi feldolgozóegység már egyetlen chipen elfér, akkor **egy egész számítógép is lehet olyan kicsi és olcsó, hogy akár egyetlen ember használja**.

Az 1970-es évek elején azonban még senki sem tudta pontosan, milyennek kell lennie egy ilyen gépnek.

Billentyűzet kell hozzá? Képernyő? Háttértár? Elég, ha kapcsolókon keresztül programozható? Mikroprocesszor nélkül is lehet mikroszámítógép? És mikortól nevezhetünk egy számítógépet *személyi számítógépnek*?

Ezért ennek a történetnek nincs egyetlen vitathatatlan rajtvonala.

17.1. Mit nevezünk mikroszámítógépnek?

A **mikroszámítógép** elnevezés eredetileg nem azt jelentette, hogy a gép különösen apró. A „mikro” elsősorban a központi egységére utalt: a CPU funkcióit **mikroprocesszor** valósította meg.

A korábbi miniszámítógépek, például a PDP-sorozat gépei még több áramköri lapból felépített CPU-t használtak. A mikroprocesszor ezt a központi egységet egyetlen chipre zsugorította.

Egy tipikus mikroszámítógéphez kellett:

mikroprocesszor + memória + be- és kimeneti áramkörök + program

De a *mikroszámítógép* és a *személyi számítógép* nem teljesen ugyanaz.

A mikroszámítógép technikai fogalom. A személyi számítógép inkább a **felhasználás módját** írja le: olyan általános célú számítógép, amelyet elsősorban egyetlen ember használ.

Ez a különbség hamarosan fontossá válik.

17.2. Kenbak-1 – számítógép mikroprocesszor nélkül

1971-ben, ugyanabban az évben, amikor megjelent az Intel 4004, **John Blankenbaker** megalkotta a Kenbak-1 számítógépet.





Kép aláírás: *Kenbak-1, 1971. A gépnek nem volt mikroprocesszora: központi egységét TTL integrált áramkörökből építették fel. Kapcsolókkal programozták, az eredményt lámpák jelezték.*

A Kenbak-1 különös helyet foglal el a számítástechnika történetében, mert **nem tartalmazott mikroprocesszort**. A CPU funkcióit hagyományos TTL integrált áramkörök valósították meg.

Mindössze **256 bájt memóriával** rendelkezett.

Nem volt billentyűzete, képernyője vagy háttértára. A programot az előlap kapcsolóival kellett bevinni, az eredményt pedig lámpák segítségével lehetett leolvasni.

Mai szemmel rendkívül kezdetlegesnek tűnik.

Mégis fontos.

Nem intézménynek vagy nagyvállalatnak szánták, hanem egyéni használatra és oktatási célokra, és kereskedelmi termékként kínálták.

A Computer History Museum ezért a Kenbak-1-et az első személyi számítógépek egyikeként, sőt gyakran **az első kereskedelmi személyi számítógépként** említi.

Itt azonban rögtön jelentkezik a definíciós probléma:

Lehet-e mikroszámítógép az a gép, amelyben nincs mikroprocesszor?

Szigorú technikai értelemben: nem.

Személyi számítógép viszont lehet.

17.3. Sac State 8008

A történet következő, kevésbé ismert, de annál érdekesebb szereplője a **Sac State 8008.**

1972–73 körül a California State University, Sacramento környezetében Intel 8008 mikroprocesszorra épülő számítógépes rendszer készült. A projekt kulcsszereplői **Bill Pentz** és munkatársai voltak.

Ez azért érdekes, mert a gép már valóban mikroprocesszor köré épült, és olyan időpontban készült, amikor a mikroprocesszorra épülő általános célú számítógép gondolata még korántsem volt magától értetődő.



Kép aláírás: *A Sacramento State Intel 8008-ra épülő számítógépes rendszere. A kevéssé ismert projekt jól mutatja, hogy már az Altair előtt is több helyen kísérleteztek mikroprocesszoros általános célú számítógépekkel.*

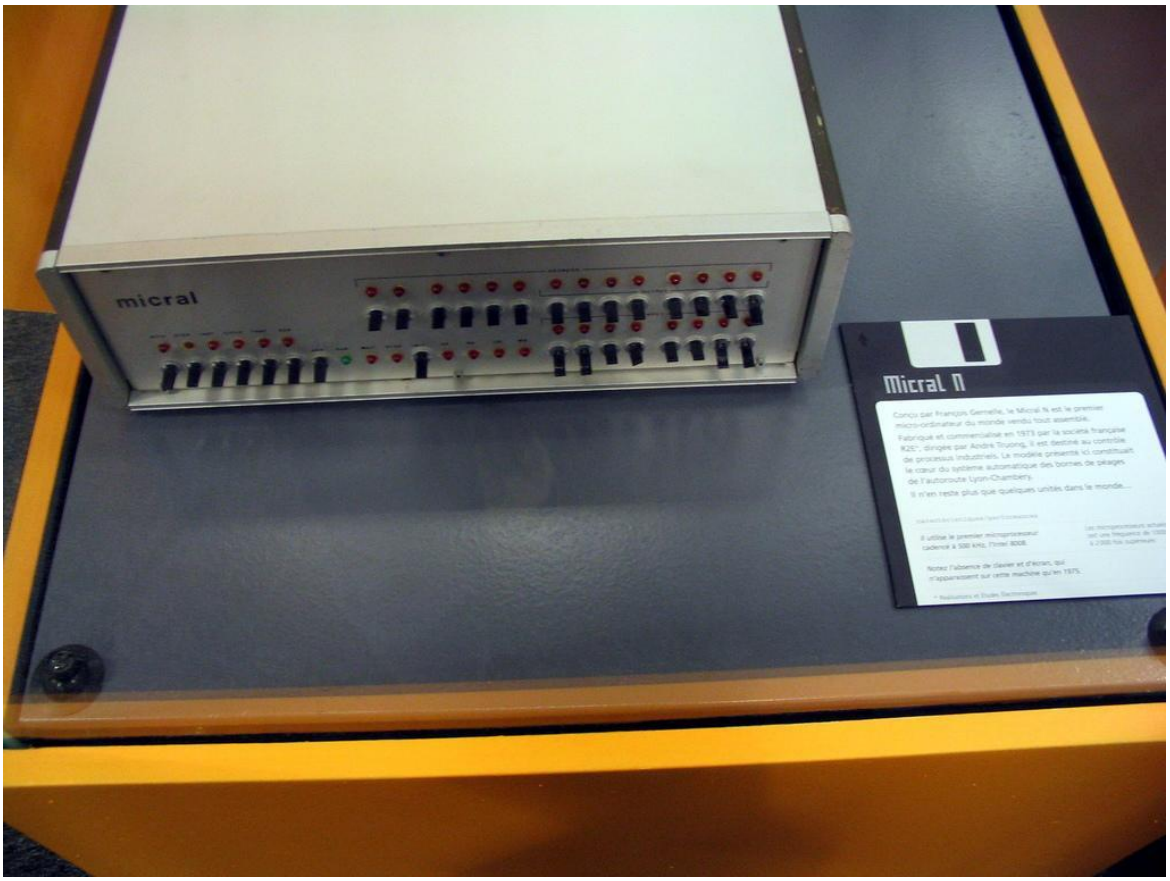
A Sac State 8008 azért is fontos számunkra, mert figyelmeztet valamire: a technikatörténet ritkán olyan egyszerű, mint ahogy utólag a tankönyvi idővonalakon megjelenik.

Az új ötletek gyakran **több helyen, egymástól részben függetlenül** születnek meg.

17.4. Micral N

Ha az első **kereskedelmi forgalomban kapható, mikroprocesszorra épülő számítógépet** keressük, akkor Franciaországba kell mennünk.

1973-ban a francia **R2E** vállalat elkészítette a **Micral N** számítógépet, amely Intel 8008 mikroprocesszort használt.



Kép aláírás: *Micral N, 1973. A francia R2E Intel 8008 processzorra épülő gépét széles körben az első kereskedelmi, mikroprocesszor-alapú számítógépként tartják számon.*

A fejlesztést **François Gernelle** vezette.

A Micral N nem hobbigépnek készült. Eredeti feladata mezőgazdasági mérések és folyamatok automatizálása volt.

Ez megint fontos különbség.

A gép:

mikroprocesszoros volt,
kereskedelmi termék volt,
általánosan programozható volt,

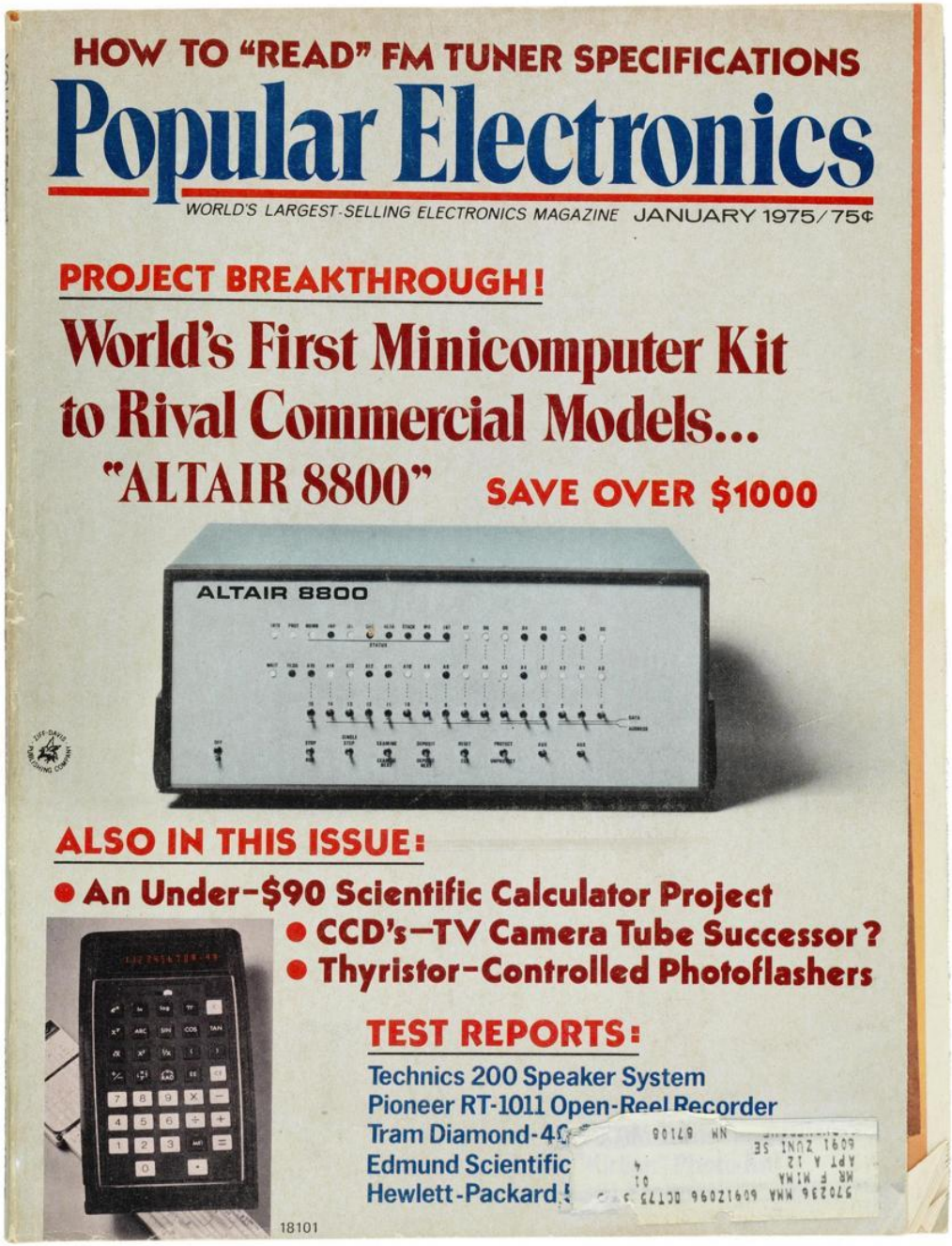
de eredetileg nem úgy képzelték el, hogy az emberek otthon az íróasztalukra teszik.

A *mikroszámítógép* elnevezés történetében is fontos szerepe van: a Micral nevében szereplő „micro” már tudatosan jelezte az új gépkategóriát.

17.5. Altair 8800

1975 januárjában a **Popular Electronics** címlapján megjelent egy különös kék doboz.

A felirat: **ALTAIR 8800**



Kép aláírás: *Az Altair 8800 és a Popular Electronics 1975. januári száma. A címlap hatása óriási volt: elektronikai hobbisták ezrei ismerték fel, hogy immár saját számítógépük lehet.*

A gépet az amerikai **MITS** – Micro Instrumentation and Telemetry Systems – készítette, és **Intel 8080** mikroprocesszorra épült.

Az Altair mai értelemben aligha tűnne személyi számítógépnek.

Az alapváltozatnak nem volt:

billentyűzete, monitora, merevlemeze, egere.

A programokat az előlap kapcsolóival lehetett bevinni, az eredményt LED-ek jelezték.

Mégis ez lett a forradalom egyik gyújtópontja.

Miért?

Mert **megfizethető és bővíthető számítógépet kínált az elektronikai hobbistáknak**.

Különösen jelentős volt az Altair belső buszrendszere, amelyből később az **S-100 busz** fejlődött ki. Más gyártók memóriát, soros interfészt és különféle bővítőkártyákat készíthettek hozzá.

Ezzel megszületett valami, ami legalább olyan fontos volt, mint maga a gép:

a mikroszámítógépes ökoszisztéma.

Az Altairhez kapcsolódik egy másik történelmi találkozás is.

Két fiatalember, **Bill Gates és Paul Allen** BASIC értelmezőt készített hozzá.

Ebből az együttműködésből nőtt ki később a Microsoft.

17.6. IMSAI

Az Altair sikere után hamar megjelentek a követők.

Az egyik legsikeresebb az **IMSAI 8080** volt.



Kép aláírás: *IMSAI 8080. Az Altair nyomán készült S-100 buszos számítógép az 1970-es évek egyik legismertebb korai mikroszámítógépe lett.*

Az IMSAI lényegében az Altair alapötletét fejlesztette tovább. Szintén Intel 8080 processzort és S-100 rendszerbuszt használt, de robusztusabb felépítése és professzionálisabb kivitele miatt sok felhasználó számára vonzóbb volt.

Az IMSAI története azért fontos, mert megmutatta, hogy már **piac** létezik a mikroszámítógépek számára.

Egy gépet lehet lemásolni.

De amikor a második, harmadik és tizedik gyártó is megjelenik, már **iparág születik.**

Az IMSAI később a populáris kultúrába is bekerült: az 1983-as *WarGames* című filmben is látható egy IMSAI számítógép.

17.7. Homebrew Computer Club

A személyi számítógépet azonban nem kizárólag vállalatok teremtették meg.

Legalább ennyire fontos volt az a közösség, amely kialakult körülötte.

1975-ben a kaliforniai Szilícium-völgyben megalakult a **Homebrew Computer Club**.







Kép aláírás: *A Homebrew Computer Club a személyi számítógépes forradalom egyik szellemi műhelye lett. Tagjai gépeket, kapcsolási rajzokat, programokat és ötleteket cseréltek egymással.*

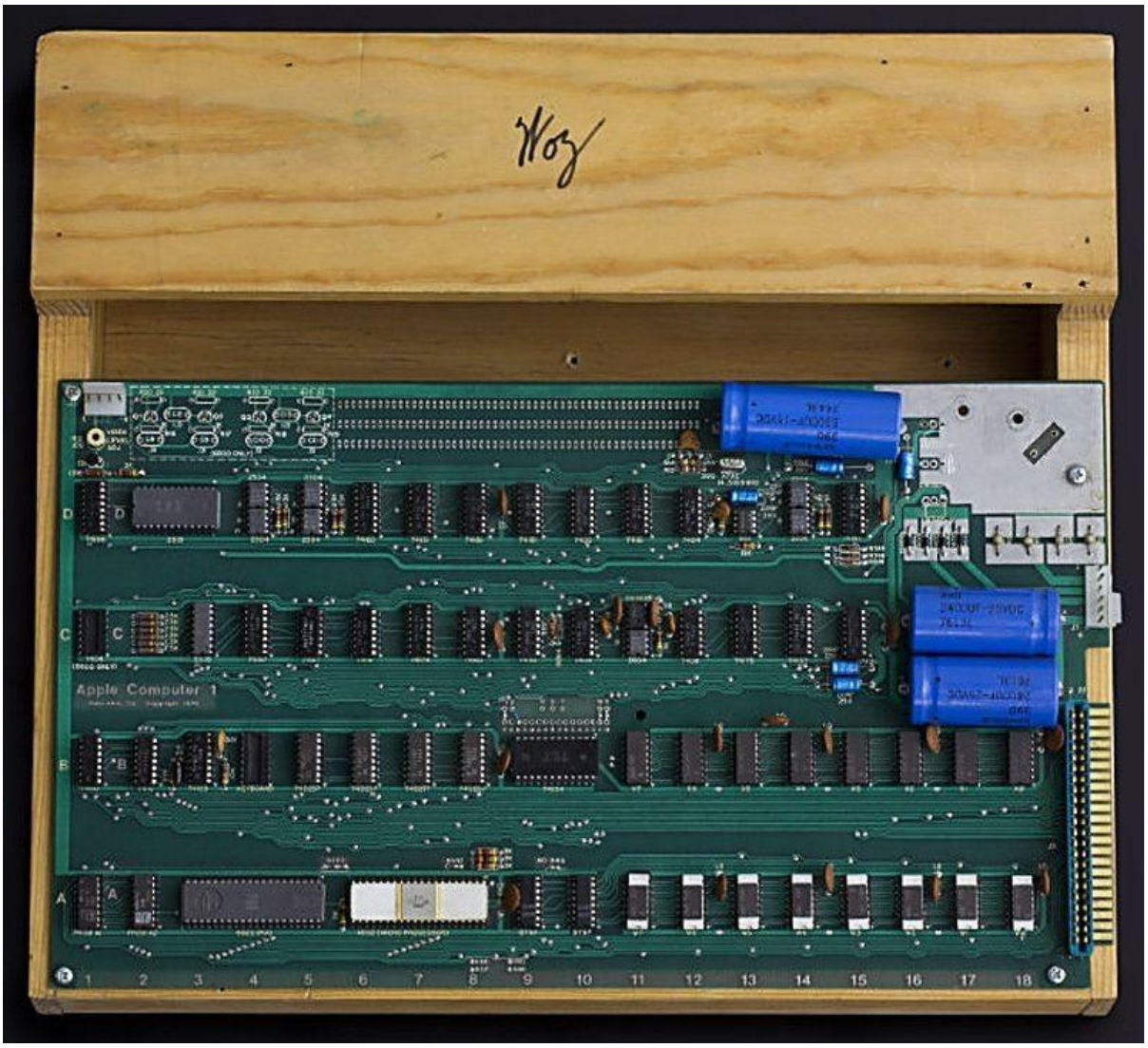
A klub tagjai között mérnökök, programozók, elektronikai hobbisták és egyszerűen csak kíváncsi emberek találkoztak.

Nem pusztán gépekről beszélgettek.

Kapcsolási rajzokat adtak egymásnak.
Programokat másoltak.
Alkatrészeket cseréltek.
Ötleteket vitattak meg.

A klub egyik látogatója **Steve Wozniak** volt.

Wozniak itt mutatta be azt a gépet, amelyből később az **Apple I** lett.


Woz
Apple Computer 1



Kép aláírás: *Apple I, 1976. Steve Wozniak gépe már billentyűzet és képernyő csatlakoztatását is lehetővé tette. A mikroszámítógép kezdett hasonlítani arra, amit ma személyi számítógépnek nevezünk. 1977-ben megszületett az Apple II.*

A Homebrew Computer Club jelentősége ezért túlmutat önmagán.

A személyi számítógépes forradalom nem egyszerűen egy új technológia története volt.

Közösségi mozgalom is volt.

Melyik volt az első személyi számítógép?

Erre a látszólag egyszerű kérdésre nincs egyetlen, mindenki által elfogadott válasz.

Az ok nem az, hogy nem ismerjük eléggé a történetet.

Hanem az, hogy előbb azt kell eldöntenünk:

Mit nevezünk személyi számítógépnek?

Ha olyan kereskedelmi számítógépet keresünk, amelyet egyetlen ember használhatott, akkor a **Kenbak-1 (1971)** erős jelölt. Csakhogy nem tartalmazott mikroprocesszort.

Ha a mikroprocesszort tekintjük alapfeltételnek, más eredményt kapunk.

A **Sac State 8008** nagyon korai mikroprocesszoros rendszer volt, de nem klasszikus kereskedelmi személyi számítógép.

A **Micral N (1973)** már kereskedelmi forgalomba került, Intel 8008 processzorral működő mikroszámítógép volt. Csakhogy elsősorban ipari alkalmazásokra tervezték.

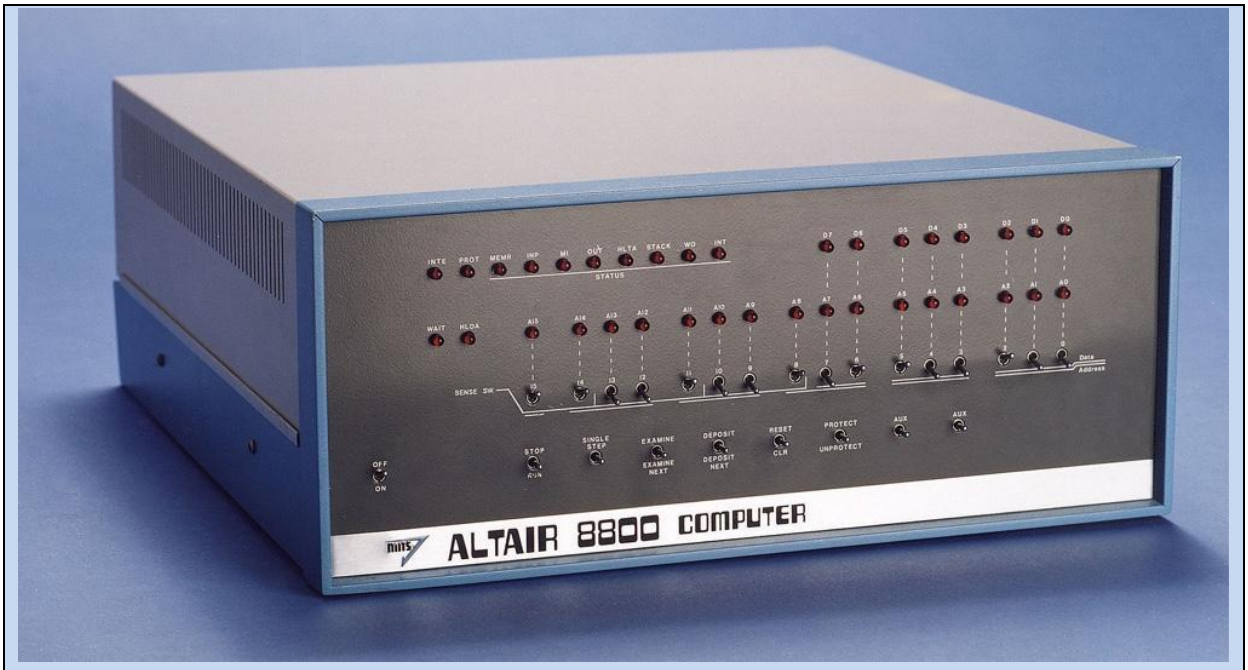
Az **Altair 8800 (1975)** már tömeges érdeklődést váltott ki, megfizethető volt a hobbisták számára, és egész iparágat indított el. Ugyanakkor mai szemmel alig hasonlított személyi számítógépre.

És akkor még nem beszéltünk az olyan gépekről, mint a **Xerox Alto**, amely már 1973-ban grafikus képernyőt, billentyűzetet és egeret használt – csak éppen nem kereskedelmi tömegtermékként.




micral





Kép aláírás: *Négy különböző válasz ugyanarra a kérdésre. Kenbak-1, Micral N, Xerox Alto és Altair 8800 – mindegyik más szempontból tekinthető mérföldkőnek a személyi számítógép megszületésében.*

Ezért nem érdemes mindenáron egyetlen győztest hirdetni.

Ha ezt kérdezzük…	Erős jelölt
Korai, egyéni használatra kínált kereskedelmi számítógép?	**Kenbak-1 – 1971**
Korai mikroprocesszoros számítógépes rendszer?	**Sac State 8008 – 1972/73**
Kereskedelmi mikroprocesszoros számítógép?	**Micral N – 1973**
A későbbi PC használati módját előrevetítő gép?	**Xerox Alto – 1973**
A hobbi-mikroszámítógépes forradalom elindítója?	**Altair 8800 – 1975**

A történész számára talán éppen ez az érdekesebb válasz:

A személyi számítógépet nem egyetlen ember találta fel, és nem egyetlen napon született meg. A fogalom fokozatosan alakult ki, miközben a számítógép egy intézmény közös erőforrásából egyetlen ember saját eszközévé vált.

18. A 8 bites forradalom

Az Altair 8800 bebizonyította, hogy létezik igény a kis számítógépekre. De az Altair még inkább az elektronikai hobbisták gépe volt, mint a nagyközönségé. Kapcsolók, LED-ek, bővítőkártyák, külön megvásárolható terminál – használatához komoly műszaki érdeklődés kellett.

Az 1970-es évek második felében azonban minden megváltozott.

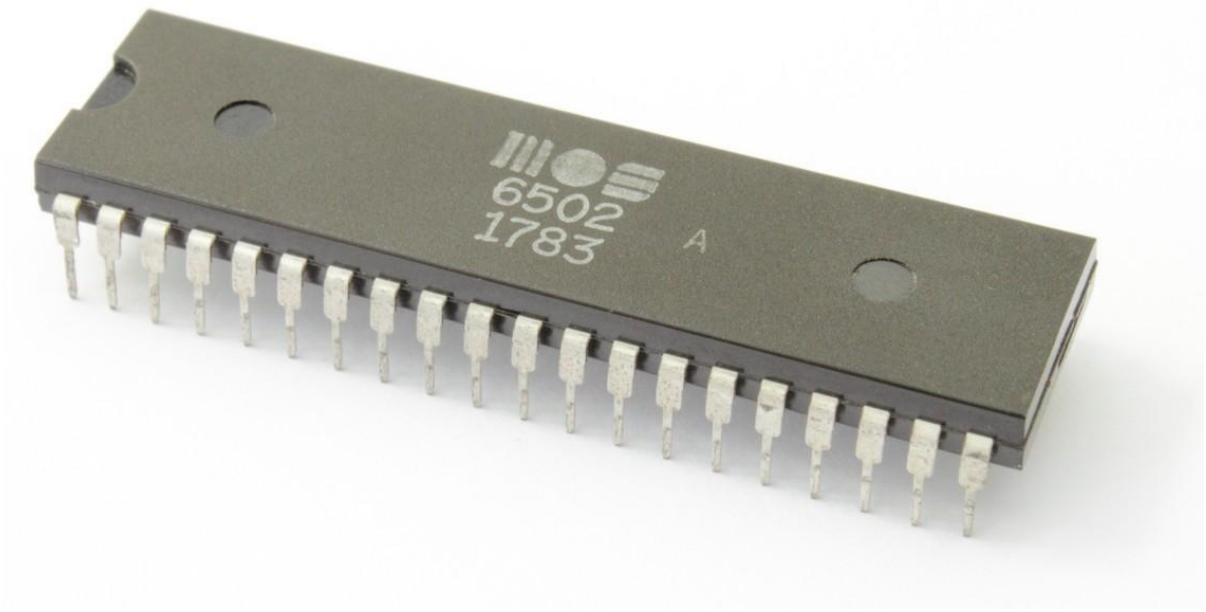
Megjelentek az olcsó 8 bites mikroprocesszorok, és köréjük olyan komplett számítógépeket építettek, amelyeket már nem kellett összeforrasztani. Volt billentyűzetük, képernyőre lehetett kapcsolni őket, programokat lehetett betölteni, és sok közülük már színes grafikát és hangot is kínált.

A számítógép kilépett a laboratóriumból.

Beköltözött az otthonokba.

18.1. MOS 6502

1975-ben jelent meg a **MOS Technology 6502**, a mikroprocesszor-történet egyik legsikeresebb típusa.



Kép aláírás: *MOS Technology 6502. Az olcsó 8 bites mikroprocesszor a hetvenes évek második felének számítógépes forradalmában kulcsszerepet játszott.*

A fejlesztőcsapat jelentős része korábban a Motorolánál dolgozott a 6800 mikroprocesszoron. Közéjük tartozott **Chuck Peddle**, aki felismerte, hogy az új piacnak nem feltétlenül egyre bonyolultabb, hanem mindenekelőtt **olcsó processzorra** van szüksége.

A 6502 bevezetésekor mindössze **25 dollárba** került, miközben a konkurens processzorok ára ennek többszöröse lehetett.

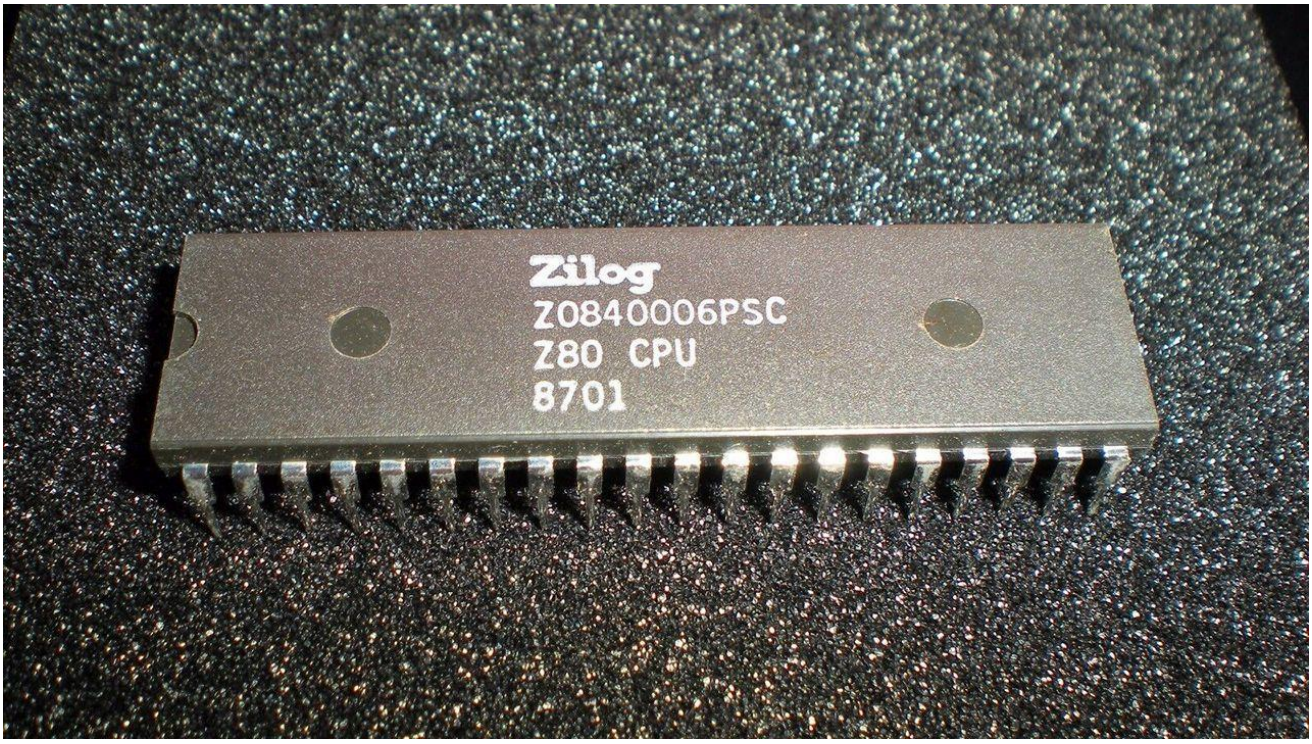
Ez nem egyszerű árengedmény volt.

Piacot teremtett.

A 6502 és változatai később olyan gépekben jelentek meg, mint az Apple I és II, a Commodore PET és VIC-20, az Atari számítógépek, valamint – módosított változatban – a Nintendo játékkonzolja.

18.2. Zilog Z80

A 8 bites korszak másik óriása a **Zilog Z80** volt.



Kép aláírás: *Zilog Z80. Federico Faggin, az Intel 4004 egyik kulcsfigurája az Intel elhagyása után alapította meg a Zilogot, ahol megszületett a korszak egyik legsikeresebb 8 bites processzora.*

A történetben ismét találkozunk **Federico Fagginnal**. Miután elhagyta az Intelt, Ralph Ungermannal megalapította a Zilogot.

1976-ban bemutatták a Z80-at.

A processzor nagyrészt kompatibilis volt az Intel 8080 programjaival, ugyanakkor új utasításokat, több regisztert és egyszerűbb rendszerépítési lehetőségeket kínált.

Hatalmas sikert aratott.

A Z80 köré komplett számítógépes világ épült, és fontos processzora lett a **CP/M** operációs rendszert használó gépeknek is.

A két nagy 8 bites processzorcsalád lényegében két „törzset” hozott létre:

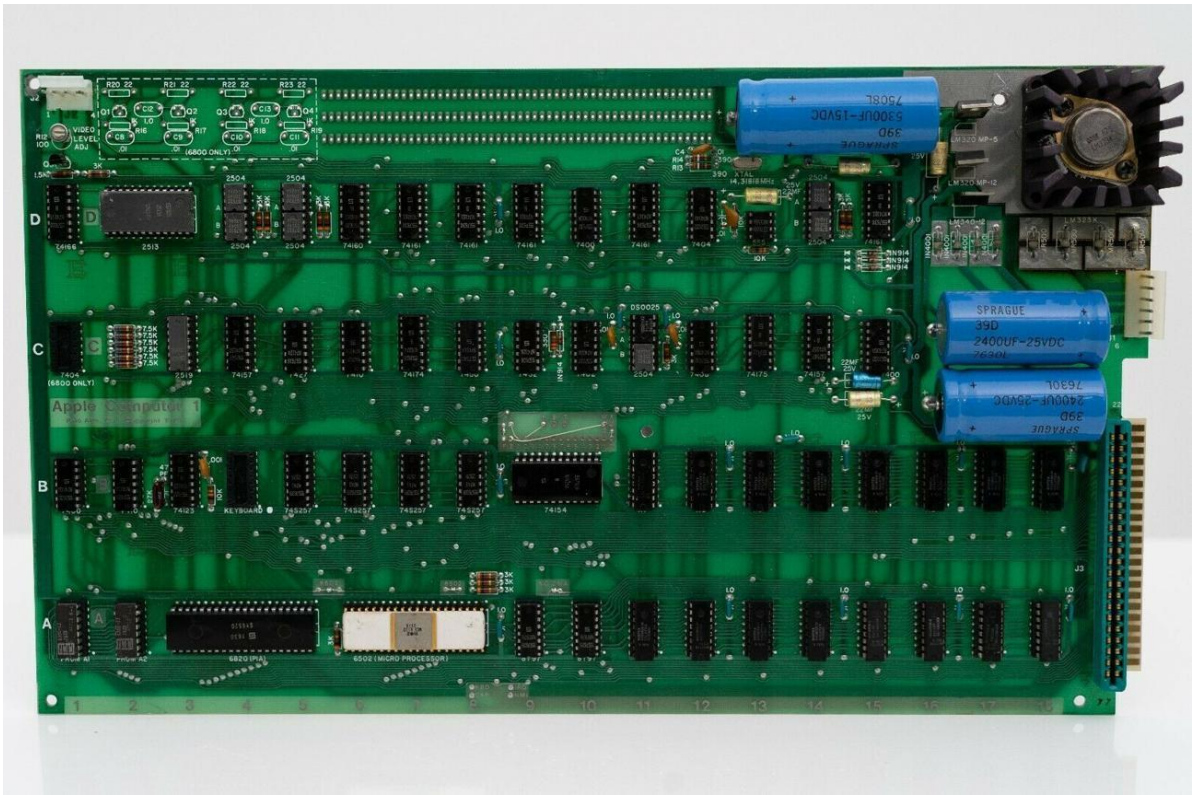
6502 → Apple, Commodore, Atari

Z80 → Sinclair, Amstrad, számtalan CP/M-gép

A következő évtized mikroszámítógépeinek jelentős része e két család valamelyikéhez tartozott.

18.3. Apple I és Apple II

1976-ban **Steve Wozniak** elkészítette az Apple I számítógépet.







Kép aláírás: *Apple I, 1976. Steve Wozniak konstrukcióját már összeszerelt alaplapként árulták. A tápegységről, billentyűzetről és házról azonban a vásárlónak kellett gondoskodnia.*

Wozniak eredetileg saját használatra és a Homebrew Computer Club közösségének készítette gépét. Barátja, **Steve Jobs** azonban felismerte benne az üzleti lehetőséget.

Megszületett az Apple.

Az igazi áttörést azonban az **Apple II** hozta 1977-ben.





Kép aláírás: *Apple II, 1977. Színes grafikája, billentyűzete és elegáns műanyag háza már egy új korszakot jelzett: a számítógép kezdett fogyasztási cikké válni.*

Az Apple II színes grafikát kínált, BASIC programozási nyelvet tartalmazott, bővíthető volt, később floppymeghajtóval is használhatták.

Nem kellett mérnöknek lenni ahhoz, hogy valaki bekapcsolja.

Ez óriási változás volt.

18.4. Commodore PET

Ugyancsak 1977-ben jelent meg a **Commodore PET 2001**.



Kép aláírás: *Commodore PET 2001. A számítógép, a monitor, a billentyűzet és a kazettás háttértár egyetlen házban kapott helyet – valódi „minden egyben” számítógép született.*

A PET mögött **Jack Tramiel** Commodore vállalata állt, a fejlesztésben pedig Chuck Peddle játszott meghatározó szerepet.

A PET különlegessége az integráltsága volt. Nem alkatrészek halmazát kapta a vásárló, hanem kész munkaeszközt.

Bekapcsolás után BASIC várta a felhasználót.

A számítógép egyre kevésbé elektronikai építőkészlet, és egyre inkább **háztartási készülék** lett.

18.5. TRS-80

1977 harmadik nagy újdonsága a **TRS-80 Model I** volt.



Kép aláírás: *TRS-80 Model I, 1977. A Radio Shack hatalmas amerikai üzlethálózata olyan vásárlókhoz is eljuttatta a számítógépet, akik korábban talán sohasem találkoztak mikroszámítógéppel.*

A gép **Z80 processzort** használt.

A TRS-80 sikerének titka nem pusztán technikai volt. A Radio Shack üzlethálózata révén az Egyesült Államokban rengeteg helyen meg lehetett nézni és meg lehetett vásárolni.

Az 1977-ben megjelent Apple II-t, Commodore PET-et és TRS-80-at ezért gyakran az első nagy, használatra kész mikroszámítógépes hullám képviselőinek tekintik.

18.6. Atari

Az **Atari** nevét sokan elsősorban a videojátékokkal kapcsolják össze, pedig a vállalat fontos szerepet játszott az otthoni számítógépek fejlődésében is.

1979-ben jelent meg az **Atari 400 és Atari 800**.





Kép aláírás: *Atari 400 és 800. Fejlett grafikai és hangképességeik megmutatták, hogy az otthoni számítógép nemcsak számolásra és programozásra, hanem szórakozásra is kiválóan használható.*

A gépek a 6502 processzorcsaládra épültek, de különleges grafikai és hangáramköreik révén multimédiás képességeik messze meghaladták sok kortársukét.

Ezzel új irány bontakozott ki:

a számítógép mint szórakoztatóeszköz.

18.7. Sinclair

Európában különösen nagy jelentősége volt **Clive Sinclair** olcsó számítógépeinek.

A **ZX80**, majd a **ZX81** radikálisan csökkentette a belépési küszöböt.

Az igazi legenda azonban az 1982-ben megjelent **ZX Spectrum** lett.







Kép aláírás: *A Sinclair gépcsalád: ZX80, ZX81 és ZX Spectrum. Az egyszerű és olcsó brit számítógépek emberek millióinak jelentették az első találkozást a programozással.*

A Spectrum Z80 processzort használt, színes grafikát kínált, programjait pedig közönséges kazettás magnóról lehetett betölteni.

Az olcsóságnak ára volt. A híres gumibillentyűzet például nem tartozott a számítástechnika ergonómiai csúcsteljesítményei közé.

De működött, és megfizethető volt. Európai fiatalok egész generációja ezen tanult meg programozni.

18.8. Commodore 64

1982-ben jelent meg a korszak egyik legismertebb számítógépe, a **Commodore 64**.



Kép aláírás: *Commodore 64, 1982. Neve a 64 kilobájtos RAM-ra utalt. Kiváló grafikai és hangképességei, valamint agresszív ára a számítástechnika egyik legsikeresebb típusává tették.*

A C64 a 6502 továbbfejlesztett változatára, a **6510** processzorra épült.

Két speciális chip különösen fontossá tette:

VIC-II – grafika
SID – hang

A SID hangchip képességei annyira jók voltak, hogy a Commodore 64 zenéje önálló számítógépes kultúrát teremtett.

A C64-ből **több mint tízmillió** példány készült; a pontos darabszámról eltérő becslések léteznek.

A Commodore ráadásul nem kizárólag számítógépboltokban árulta.

A gép bekerült az áruházakba és játékboltokba.

A számítógép végleg tömegtermékké vált.

18.9. Amstrad

1984-ben jelent meg a brit **Amstrad CPC 464**.



Kép aláírás: *Amstrad CPC 464. A gépbe kazettás magnót építettek, és monitorral együtt árulták. Alan Sugar célja az volt, hogy a vásárló egy dobozból kivehető, azonnal használható komplett rendszert kapjon.*

Az Amstrad felismerte a korábbi otthoni számítógépek egyik problémáját.

A vásárlónak sokszor külön kellett beszereznie:

számítógépet + magnót + kábeleket + monitort vagy televíziót.

A CPC sorozat ehelyett komplett rendszerként jelent meg.

A CPC 464 Z80 processzort, beépített kazettás egységet és saját monitort kínált. A későbbi CPC 664 és 6128 már floppymeghajtót is használt.

18.10. Enterprise

A korszak egyik legérdekesebb – és magyar szempontból különösen kedves – gépe az **Enterprise**.



Kép aláírás: *Enterprise 128. Jellegzetes színes billentyűivel és beépített joystickjával az 1980-as évek egyik legkarakteresebb otthoni számítógépe volt. Magyarországon különösen nagy kultusz alakult ki körülötte.*

Az Enterprise fejlesztésekor kifejezetten korszerű számítógépet akartak létrehozni. **Z80A processzorra** épült, de különleges grafikai és hangáramköröket kapott.

A **Nick** chip a grafikát, a **Dave** a hangot és több rendszerfunkciót kezelte.

Az Enterprise operációs rendszere, az **EXOS**, szintén figyelemre méltóan fejlett volt.

Mégsem lett nemzetközi sikertörténet.

Mire megfelelő mennyiségben piacra került, a Sinclair, Commodore és Amstrad már hatalmas felhasználói és szoftverbázist épített ki.

Ez fontos technikatörténeti tanulság:

Nem mindig a műszakilag legjobb gép győz.

Az ár, a megjelenés időpontja, a kereskedelmi hálózat, a szoftverkínálat és a már meglévő felhasználói közösség legalább annyira fontos lehet.

Magyarországon azonban az Enterprise története különös utóéletet kapott. Nagyobb mennyiség került az országba, aktív felhasználói közösség alakult ki körülötte, és a gép évtizedekkel később is a hazai retro-számítástechnika egyik kedvence.

1977 – amikor megszületett a kész személyi számítógép

Az 1977-es év annyira fontos, hogy szerintem külön keretet érdemel.







Kép aláírás: *1977 három meghatározó számítógépe: Apple II, Commodore PET és TRS-80. Ezeket a gépeket néha az 1977-es „szentháromságként” emlegetik.*

1977-ben szinte egyszerre három olyan gép jelent meg, amely már nem kizárólag az elektronikai hobbistákat célozta:

Apple II – Commodore PET – TRS-80

Mindhárom készen megvásárolható számítógép volt. Mindháromhoz billentyűzet tartozott. Mindhárom használható volt BASIC programozásra. És mindhárom mögött olyan vállalat állt, amely nagyobb sorozatban tudta gyártani és forgalmazni.

Az Altair megmutatta, hogy **az ember akarhat saját számítógépet.**

Az 1977-es gépek megmutatták, hogy **ehhez már nem kell elektronikai szakembernek lennie.**

Két processzor, két birodalom

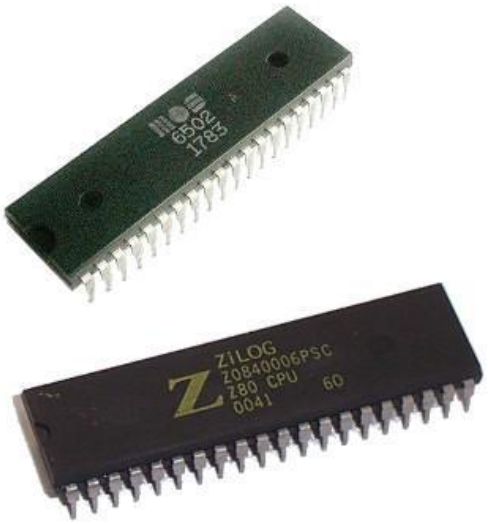
A 8 bites korszak sok száz számítógéptípusa mögött meglepően gyakran ugyanaz a két processzorcsalád rejtőzött.

MOS 6502 család

→ Apple I
→ Apple II
→ Commodore PET
→ VIC-20
→ Commodore 64 (6510)
→ Atari 8 bites gépek

Zilog Z80 család

→ TRS-80
→ Sinclair ZX80/ZX81
→ ZX Spectrum
→ Amstrad CPC
→ Enterprise
→ számtalan CP/M számítógép



Kép aláírás: *A 8 bites korszak két meghatározó processzora: a MOS 6502 és a Zilog Z80. Olcsóságuk és sokoldalúságuk tette lehetővé az otthoni számítógépek tömeges elterjedését.*

A két processzor története remekül mutatja a mikroprocesszor igazi erejét. **Nem kellett minden számítógéphez új CPU-t tervezni.** Ugyanabból a processzorból egészen különböző gépek születhettek.

19. Magyar számítógépek

A 8 bites forradalom Magyarországot sem kerülte el. A helyzet azonban egészen más volt, mint az Egyesült Államokban, Nagy-Britanniában vagy Japánban. A nyugati számítógépekhez nehéz volt hozzájutni, drágák voltak, az importot devizahiány és a COCOM-korlátozások is nehezítették.

Ugyanakkor Magyarországon megvolt a szükséges mérnöki tudás. Az 1970-es évekre komoly számítástechnikai és elektronikai háttér alakult ki az **SZKI-ban, az MTA SZTAKI-ban, a Videotonnál, az EMG-ben, a Híradástechnika Szövetkezetben**, valamint kisebb vállalatoknál és szövetkezetekben.



Az EMG 830 az első és egyetlen magyar fejlesztésű, sorozatban gyártott tranzisztoros 2. generációs, kereskedelmi célú számítógép-család.

Amikor az 1980-as évek elején világossá vált, hogy a számítógép hamarosan az oktatás és a mindennapi élet része lesz, Magyarországon is megindult a saját gépek fejlesztése.

Különös és rendkívül színes korszak kezdődött.

19.1. Iskolaszámítógép-program

1983 a magyar számítástechnikai oktatás egyik fontos dátuma. Elindult az **Iskolaszámítógép-program**, amelynek célja az volt, hogy a fiatalok már az iskolában megismerkedhessenek a számítógéppel és a programozással.

Az első pályázatot a **HT-1080Z** nyerte. A gépek nagy számban kerültek oktatási intézményekbe, és számítástechnikai szakkörök indultak körülöttük. A programmal párhuzamosan oktatóprogram-pályázatot is szerveztek.

A kezdeményezés jelentőségét nem a gépek műszaki színvonala alapján érdemes megítélni.

Diákok tízezrei számára az iskolaszámítógép jelentette az első személyes találkozást a programozható számítógéppel.

Volt azonban egy nagyon is emberi probléma: gépet gyorsabban lehetett vásárolni, mint számítástechnikát oktatni tudó tanárokat képezni. A korszak egyik visszaemlékezése éppen a tanárképzés megoldatlanságát nevezi a program komoly hiányosságának.

19.2. HT-1080Z



Kép aláírás: *HT-1080Z iskolaszámítógép, 1983. A Híradástechnika Szövetkezet gépe az Iskolaszámítógép-program révén a magyar számítástechnika-oktatás egyik meghatározó eszközévé vált.*

A HT-1080Z nem teljesen önálló magyar konstrukció volt. A hongkongi EACA **Video Genie** gépének licence alapján készült, amely a TRS-80 architektúrájához kötődött. A magyar változatot többek között hanggenerátorral és I/O-elemekkel egészítették ki.

Z80 processzort használt, BASIC volt a ROM-jában, háttértárként pedig különösen praktikus megoldást kínált: **kazettás magnetofont építettek magába a gépbe.**

Masszív billentyűzete és egybeépített kivitele iskolai használatra alkalmassá tette.

Az NJSZT adattára 2364 darabos működő állományt, illetve 1861 oktatási intézményt említ.

A Hiradástechnika Szövetkezet számos számológépet is gyártott licenc alapján. (Commodore, Texas, Sharp)

19.3. Primo

A **Primo** már egészen más történet: valódi magyar fejlesztés.







Kép aláírás: *Primo A sorozat. Az 1984-ben megjelent magyar fejlesztésű otthoni számítógép egyik legjellegzetesebb részlete a kapacitív, érintésérzékeny billentyűzet volt.*

Az MTA SZTAKI szakembereinek közreműködésével kifejlesztett gép 1984-ben került piacra. A gyártást és forgalmazást több szervezet együttműködésével oldották meg.

A Primo **U880** processzort használt – ez a Z80 keletnémet megfelelője volt.

Különösen jellegzetes az A sorozat érintésérzékeny billentyűzete. Látványos és olcsón gyártható megoldás volt, használat közben azonban sokan inkább a hagyományos billentyűket kedvelték. A későbbi Primo B már mechanikus billentyűzetet kapott.

A színes Primo-C már csak prototípus maradt.

A Primo azért különösen fontos, mert nem egyszerűen egy külföldi gép licencváltozata volt, hanem **magyar tervezésű házi számítógép**.

A darabszámokkal itt érdemes óvatosan bánnunk. A különböző összefoglalók gyakran mintegy 9000 Primót említenek, de a fennmaradt részletesebb adatok alapján ezt a könyvben típusonként érdemes majd pontosítani.

19.4. TVC – Videoton TV Computer

A magyar 8 bites korszak egyik legszebb és legjellegzetesebb gépe a **Videoton TV Computer**, röviden TVC.



Kép aláírás: *Videoton TV Computer. Jellegzetes formája, magyar billentyűzete és jobb oldalán elhelyezett beépített botkormánya könnyen felismerhetővé teszi.*

A Videoton már jelentős elektronikai és számítástechnikai gyártási tapasztalattal rendelkezett. Terminálokat, perifériákat és más számítástechnikai berendezéseket is készített.

A TVC **Z80 processzorra** épült. Több változata készült, köztük TVC 32K, TVC 64K és TVC 64K+.

Színes grafikával, BASIC-kel, bővítési lehetőségekkel és a házba épített joystickkal rendelkezett.

Különösen érdekes, hogy bár a magyar 8 bites számítógépek közül az egyik legkomolyabb sorozat lett, már a Commodore 64 és más nyugati gépek egyre erősebb versenyével kellett megküzdenie.

A technikai képesség önmagában már nem volt elég.

Szoftver kellett. Játék kellett. Felhasználói közösség kellett.

19.5. Homelab

A **Homelab** a magyar számítógép-történet egyik legszebb „garázscég-története” – még akkor is, ha Magyarországon nem egészen úgy működtek a garázscégek, mint Kaliforniában.

A gépet **Lukács József és Lukács Endre** fejlesztette.



Kép aláírás: *Homelab. A Lukács testvérek konstrukciója bizonyította, hogy Magyarországon kis fejlesztőcsapat is képes saját mikroszámítógépet létrehozni.*

A Homelab története azért különösen érdekes, mert kezdetben valóban **otthon megépíthető számítógépnek** készült. Kapcsolási rajzok és leírások alapján az elektronikában jártas amatőr maga is elkészíthette.

Később ipari gyártásba került, és ebből a konstrukcióból nőtt ki egy egészen különleges magyar számítógép: a Brailab.

19.6. Brailab



Kép aláírás: *A Homelab konstrukciójára épülő Brailab. A magyar fejlesztés célja az volt, hogy a számítógépet vak és gyengénlátó emberek számára is használhatóvá tegye.*

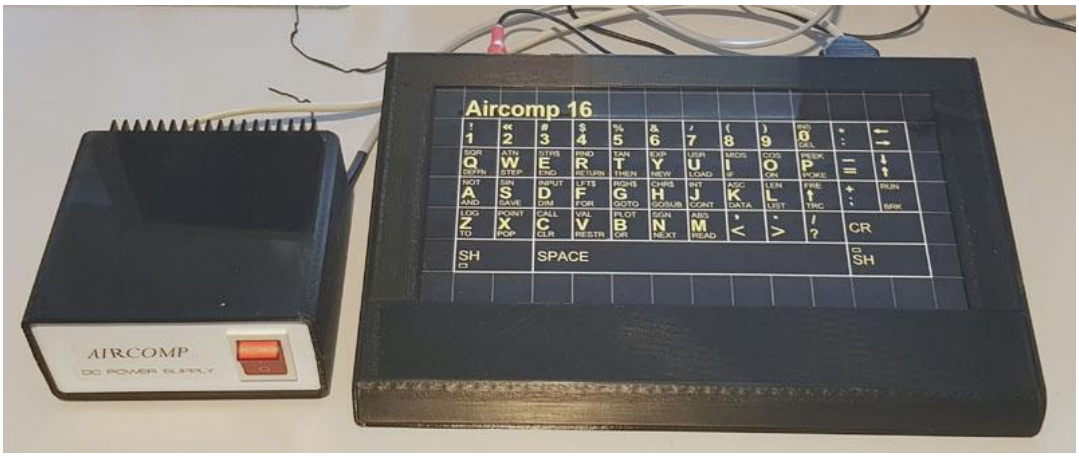
A Brailab nem egyszerűen egy újabb 8 bites házi számítógép volt.

Célt adott a technológiának.

A Homelab-3 módosított változatát vakok és gyengénlátók számára fejlesztették tovább. A Lukács testvérek mellett **Arató András és Vaspöri Teréz** is fontos szerepet játszott a rendszer létrehozásában. A gépet a dombóvári Color Ipari Szövetkezet gyártotta.

19.7. Aircomp

Az **Aircomp** a magyar mikroszámítógép-történet ritkább szereplője.



Kép aláírás: *Aircomp – a kevésbé ismert magyar 8 bites számítógépek egyike. A korszakban meglepően sok hazai vállalat és szövetkezet próbálkozott saját mikroszámítógéppel.*

Az Aircomp története jól mutatja, milyen nagy érdeklődés övezte az új piacot. Nem csupán a hagyományos nagy elektronikai vállalatok próbálkoztak számítógépgyártással.

A mikroszámítógép viszonylag kevés alkatrészből összeállítható terméknek látszott, ezért kisebb vállalkozások és szövetkezetek számára is elérhetőnek tűnt a gyártása.

A látszat azonban csalóka volt.

Gépet készíteni lehetett.

Megbízhatóan, nagy sorozatban és olcsón gyártani már sokkal nehezebb volt.

19.8. Mickey'80



A korszak egyik legkülönösebb hazai típusa a **Mickey'80.**

Kép aláírás: *Mickey'80. A magyar mikroszámítógép-korszak egyik ritkasága, amely arra is emlékeztet, hogy az 1980-as években nem csak elektronikai nagyvállalatok próbálkoztak számítógépgyártással.*

A Mickey'80 történetének már maga a gyártója is jól érzékelteti a korszak sajátos magyar gazdasági világát: a **Sárisápi Új Élet Mgtsz.**

Ma meglepően hangzik, hogy egy mezőgazdasági termelőszövetkezet számítógéppel foglalkozott.

Pedig az 1980-as évek magyar gazdaságában ez nem volt teljesen rendkívüli. A termelőszövetkezetek és melléküzemágak gyakran kerestek jövedelmező ipari tevékenységeket, az elektronika pedig ígéretes új területnek számított.

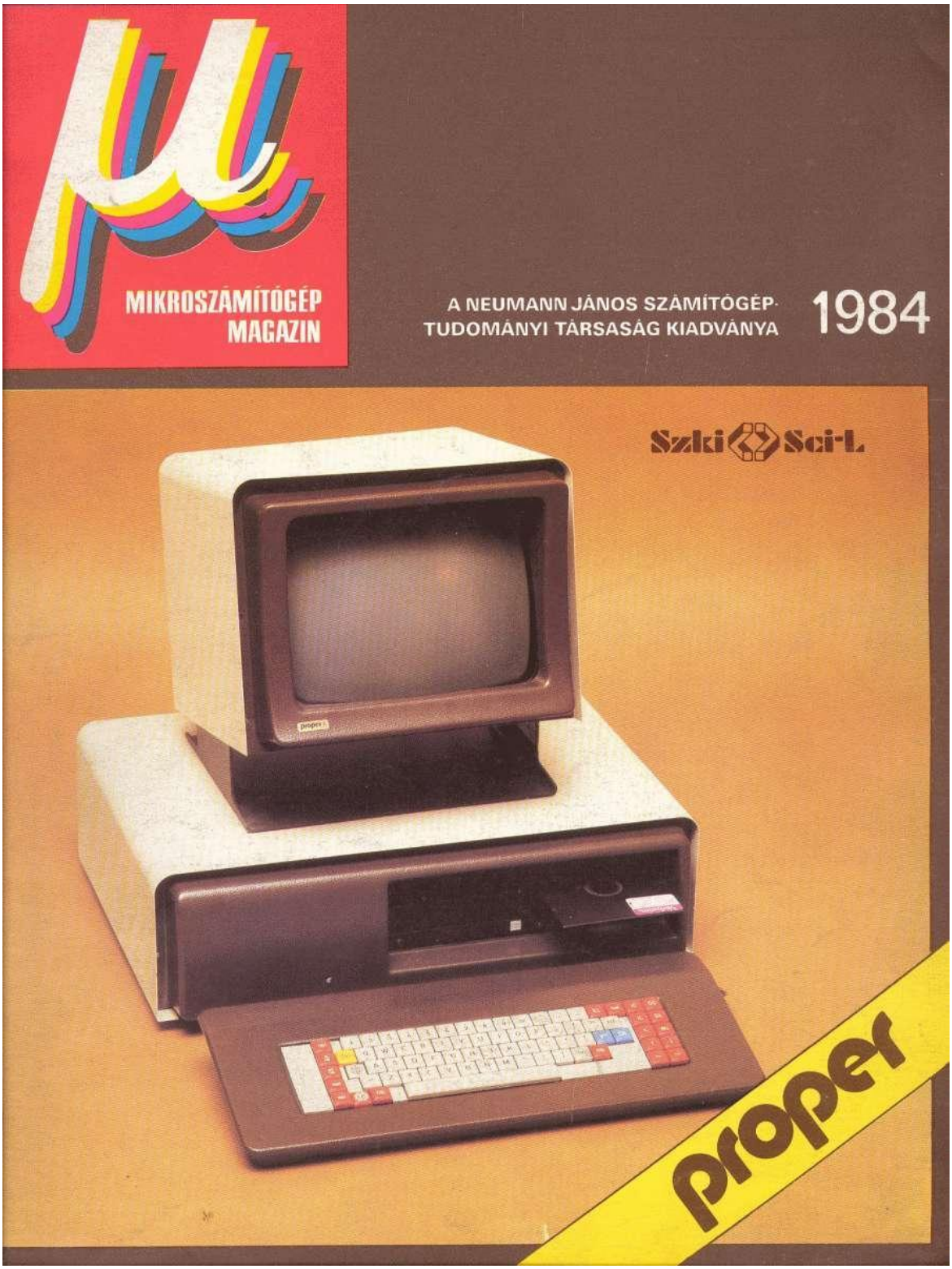
Így a magyar számítógépipar történetében néha egymás mellé kerültek olyan fogalmak, amelyek ma szokatlanul hangzanak:

mezőgazdasági termelőszövetkezet és mikroprocesszor.

19.9. Proper és más hazai gépek

A magyar számítógépgyártás természetesen nem korlátozódott az otthoni 8 bites gépekre.

Az **SZKI – Számítástechnikai Koordinációs Intézet** fejlesztette a **Proper** számítógépcsaládot.



Kép aláírás: *Az SZKI Proper családja már a professzionális személyi számítógépek világába vezetett. Jól mutatja, hogy a magyar fejlesztések nem kizárólag az otthoni 8 bites piacot célozták.*

Itt már óvatosan kell bánnunk a kategóriákkal, mert a Proper különböző változatai eltérő architektúrákat és felhasználási területeket képviseltek.

A következő fejezetekben pedig egyre több olyan magyar géppel találkozunk majd, amely már nem a klasszikus 8 bites háziszámítógép kategóriájába tartozik.

Ide kapcsolható az **ABC-80**, a HT későbbi gépei, a ProPrimo és több prototípus is.

19.10. Magyar fejlesztők és gyártók

A magyar számítógép-történetet hiba volna kizárólag géptípusok felsorolásaként bemutatni.

Mögöttük egy egész ipari és kutatói háttér állt.

Videoton – számítógépek, terminálok, perifériák
Híradástechnika Szövetkezet – HT számítógépcsalád
MTA SZTAKI – kutatás, fejlesztés, Primo
SZKI – számítástechnikai fejlesztések, Proper
EMG – elektronikus műszerek és számítástechnikai berendezések
BRG – perifériák és számítástechnikai eszközök
Color Ipari Szövetkezet – Homelab/Brailab
és számos kisebb fejlesztő, szövetkezet és vállalkozás.

A történet egyik legérdekesebb sajátossága éppen ez a sokszínűség.

Magyarország nem rendelkezett olyan hatalmas félvezetőiparral, mint az Egyesült Államok vagy Japán. A legfontosabb mikroprocesszorokat és számos más alkatrészt nem itthon fejlesztették.

A **rendszertervezési tudás** azonban megvolt.

Miért születtek magyar személyi számítógépek?

Első pillantásra furcsának tűnhet.

Miért kellett saját magyar számítógépet fejleszteni, amikor Nyugaton már létezett Apple II, TRS-80, ZX Spectrum vagy Commodore 64?

A válaszhoz vissza kell helyezkednünk az 1980-as évek világába.

Magyarország a szocialista gazdasági rendszerhez tartozott. A nyugati számítástechnikai termékek behozatala korlátozott volt. Kevés volt a konvertibilis valuta, magasak voltak az importköltségek, és bizonyos fejlettebb technológiák kivitelét a nyugati országok **COCOM-korlátozásokkal** szabályozták.

Közben egyre nyilvánvalóbbá vált:

A számítástechnikából nem lehet kimaradni.

Az iskoláknak számítógép kellett.

A vállalatoknak számítógép kellett.

A mérnököknek számítógép kellett.

És egyre inkább az emberek is szerettek volna saját számítógépet.

A hazai gyártás ezért részben **kényszer**, részben **iparpolitikai cél**, részben pedig valódi mérnöki lelkesedés eredménye volt.

Ennek következtében különös ökoszisztéma alakult ki.

Volt licencgép.

Volt saját fejlesztés.

Volt nyugati konstrukció adaptációja.

Volt keleti processzorral épített magyar gép.

Volt nagyvállalati fejlesztés.

És volt olyan számítógép, amely szinte műhelyből nőtt ki.

A magyar számítógépek ezért nem feltétlenül a világszínvonal meghódításának történetét mesélik el.

Valami mást mutatnak meg:

hogyan próbált egy kis ország bekapcsolódni a mikroinformatikai forradalomba akkor is, amikor a világpiac technológiájához csak korlátozottan férhetett hozzá.

Brailab – számítógép vakok számára

Az 1980-as évek személyi számítógépe alapvetően vizuális eszköz volt.

A felhasználó képernyőt nézett.

De mi történik, ha valaki nem látja a képernyőt?

Magyar mérnökök erre a kérdésre meglepően korán kerestek választ.

A **Brailab** a Homelab-3 konstrukciójából született. Fejlesztésében Lukács József, Lukács Endre, Arató András és Vaspöri Teréz vett részt, gyártását pedig a dombóvári **Color Ipari Szövetkezet** végezte. Az NJSZT adatbázisa mintegy **400 példányt** említ.

A BraiLab az első magyar hordozható, beszélő számítógép volt, amelyet dr. Arató András és felesége, Vaspöri Teréz fejlesztettek ki a vak és gyengénlátó emberek segítésére. A készülék jelentősen javította a látássérültek oktatását és elhelyezkedését a munkaerőpiacon.



A rendszer egyik legfontosabb képessége a beszéd volt.

A számítógép a képernyőn megjelenő információ egy részét **hallható információvá** alakíthatta.

Ez ma, a képernyőolvasók, beszélő telefonok és AI-alapú felolvasórendszerek korában természetesnek tűnhet.

Az 1980-as évek közepén azonban korántsem volt az.

A Brailab ezért nem egyszerűen érdekes magyar számítógép.

Azt az alapelvet képviselte, hogy a számítógépnek kell alkalmazkodnia az emberhez – nem az embernek a számítógéphez.

Ez pedig sokkal modernebb gondolat, mint amilyennek első pillantásra látszik.

20. Az IBM PC és a kompatibilis világ

Az 1980-as évek elején már számos személyi számítógép létezett. Az Apple II, a Commodore PET, a TRS-80 és más gépek bebizonyították, hogy a számítógépnek helye lehet az irodákban, az iskolákban és az otthonokban is.

A személyi számítógépek piacának legnagyobb neve azonban még hiányzott.

Az IBM akkoriban szinte magát a számítógépipart jelentette. A vállalat neve elsősorban nagyszámítógépekkel és vállalati rendszerekkel forrt össze. A személyi számítógépeket eleinte nem tekintette fő piacának.

1981-ben azonban bemutatta az **IBM Personal Computert.**

A gép önmagában nem volt forradalmian új. Nem ez volt az első személyi számítógép, nem ez használta először a mikroprocesszort, és számos műszaki megoldása sem volt különleges.

Mégis ez változtatta meg az egész iparágat.

Az IBM ugyanis – részben éppen azért, hogy gyorsan piacra léphessen – olyan számítógépet épített, amely nagyrészt **szabványos, más vállalatoktól megvásárolható alkatrészekből állt.**

Ez később sokkal fontosabbnak bizonyult, mint maga a gép.

20.1. IBM PC 5150

1981. augusztus 12-én az IBM bemutatta az **IBM Personal Computer 5150** típust.



Kép aláírás: *IBM Personal Computer 5150, 1981. Nem az első személyi számítógép volt, de olyan ipari szabvány alapjait teremtette meg, amelynek leszármazottait ma is használjuk.*

Az IBM számára szokatlanul gyorsan fejlesztették ki a gépet. A vállalat hagyományos fejlesztési módszereivel egy új számítógép létrehozása évekig tarthatott volna. A PC fejlesztésére létrehozott kis csapat ezért kész alkatrészekből építkezett.

A gép alapváltozata meglehetősen szerény volt. Intel 8088 processzort használt, memóriája kezdetben akár mindössze 16 KB lehetett, háttértárként pedig kazettás magnó vagy 5,25 hüvelykes floppymeghajtó szolgálhatott.

A PC egyik legfontosabb tulajdonsága azonban a **bővíthetőség** volt.

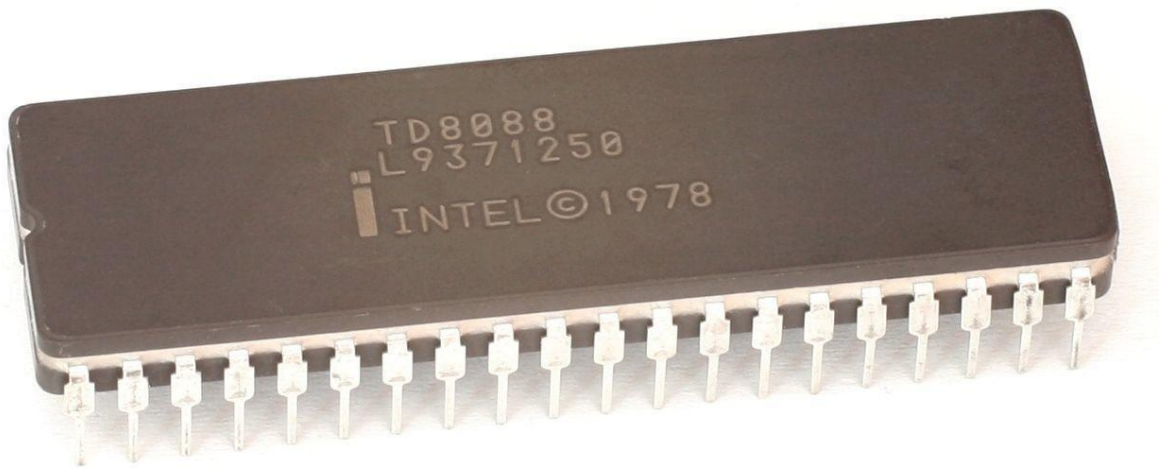
A gépbe kártyákat lehetett helyezni:

- memóriabővítést,
- grafikus kártyát,
- soros és párhuzamos interfészt,
- lemezvezérlőt,
- később hálózati és hangkártyát.

A számítógép nem zárt készülék, hanem **bővíthető rendszer** lett.

20.2. Intel 8088

Az IBM PC központi egysége az **Intel 8088** volt.



Kép aláírás: *Intel 8088 mikroprocesszor. Belső felépítése 16 bites volt, de 8 bites külső adatbuszt használt. Ez lehetővé tette olcsóbb, már rendelkezésre álló perifériaáramkörök alkalmazását.*

A 8088 közeli rokona volt az Intel 8086-nak. A processzor belső regiszterei és utasításkészlete 16 bites architektúrához tartozott, külső adatbusza azonban csak **8 bites** volt.

Első pillantásra ez visszalépésnek tűnhet.

Valójában pragmatikus döntés volt.

A 8 bites külső buszhoz olcsóbb és már jól ismert perifériaáramköröket lehetett használni. Az IBM így csökkenthette a gép költségét és gyorsíthatta a fejlesztést.

A 8088 órajele az eredeti PC-ben **4,77 MHz** volt.

Mai szemmel nevetségesen kevésnek tűnik.

A jelentősége azonban nem a sebességében rejlett. Az IBM döntésével az Intel x86 architektúrája olyan piaci előnyhöz jutott, amelynek hatása több mint négy évtizeddel később is érződik.

20.3. IBM–Intel–Microsoft

Az IBM PC sikerének egyik legérdekesebb sajátossága, hogy három vállalat sorsa kapcsolódott össze benne.

IBM – a számítógép
Intel – a processzor
Microsoft – az operációs rendszer

Az Intel szállította a 8088 mikroprocesszort.

A Microsoft pedig az operációs rendszerhez vezető megoldást.

A történet különösen érdekes, mert a Microsoft eredetileg nem rendelkezett kész operációs rendszerrel az IBM új gépéhez. A vállalat végül egy más forrásból származó 86-DOS/QDOS rendszer jogait szerezte meg, továbbfejlesztette, és az IBM számára **PC DOS** néven szállította.

A Microsoft azonban megtarthatta a rendszer más számítógépgyártóknak történő licencelésének lehetőségét.

Ez később óriási jelentőségűvé vált.

Amikor megjelentek az IBM-kompatibilis számítógépek, azoknak is kellett operációs rendszer.

A Microsoft pedig ott volt az **MS-DOS-szal.**

Így alakult ki az a sajátos helyzet, hogy miközben az IBM megteremtette a PC-platformot, két beszállítója – az Intel és a Microsoft – hosszabb távon nagyobb ellenőrzést szerzett a platform kulcsfontosságú elemei fölött.

20.4. PC XT és AT

Az IBM hamar továbbfejlesztette a PC-t.

1983-ban jelent meg az **IBM PC XT**.



Kép aláírás: *IBM PC XT és PC AT. Az XT a merevlemezt tette a professzionális PC természetes részévé, az AT pedig a 80286 processzorral és továbbfejlesztett rendszerarchitektúrával jelölte ki a következő generáció irányát.*

Az XT továbbra is 8088 processzort használt, de nagyobb bővíthetőséget és – tipikus konfigurációban – **merevlemezt** kínált.

Ez óriási előrelépés volt.

A floppy néhány száz kilobájtos kapacitása után egy 10 MB-os merevlemez szinte végtelen tárhelynek tűnhetett.

1984-ben következett a **PC AT – Advanced Technology**.



Az AT már **Intel 80286** processzort használt. Új rendszerbuszt, nagyobb memóriakapacitást és nagyobb teljesítményt kínált.

A PC-generációk egymásra épültek.

És ami még fontosabb: **a kompatibilitás értékké vált.**

20.5. PC-klónok

Az IBM PC sikerének legfontosabb következményét valószínűleg maga az IBM sem így tervezte.

Más vállalatok rájöttek, hogy IBM PC-vel kompatibilis gépeket is lehet gyártani.

A hardver jelentős része szabványos alkatrészekből állt. A legfontosabb akadály az IBM szerzői joggal védett BIOS-a volt.

A megoldás a BIOS működésének jogszerű, önálló újraimplementálása lett.

A **Compaq** 1982-ben alakult, és 1983-ban piacra dobta a Compaq Portable gépet, amely IBM PC-kompatibilis volt.



Kép aláírás: *Compaq Portable, 1983. Az egyik első igazán sikeres IBM PC-kompatibilis gép bizonyította, hogy a PC-szabvány az IBM saját termékeitől függetlenül is életképes.*

A Compaq után sorra jelentek meg a gyártók.

AST, Tandy, Epson, Olivetti, Amstrad, Tulip és sok más vállalat kínált kompatibilis gépeket.

A PC lassan megszűnt egy konkrét IBM-termék neve lenni.

Platformmá vált.

20.6. 286, 386, 486

Az Intel közben folyamatosan fejlesztette az x86 processzorcsaládot.

80286 – 1982

A 286 már akár 16 MB fizikai memóriát is képes volt címezni. Védett üzemmódot kínált, amely lehetőséget teremtett fejlettebb operációs rendszerek számára.

80386 – 1985



Kép aláírás: *Az x86 fejlődés három fontos állomása: 80286, 80386 és 80486. A PC minden generációval erősebb lett, miközben igyekezett megőrizni a korábbi programokkal való kompatibilitást.*

A **386** hatalmas ugrást jelentett.

32 bites regisztereket és 32 bites adatfeldolgozást kínált, akár 4 GB memóriát tudott címezni, fejlett memóriakezelést és virtuális memória használatát támogatta.

A PC kezdett valóban komoly számítógéppé válni.

80486 – 1989

A 486 tovább integrálta a processzor funkcióit. Gyorsítótár került a chipre, a 486DX változatokban pedig a lebegőpontos számításokat végző egység is a processzor részévé vált.

Egyre több olyan funkció került egyetlen lapkára, amelyhez korábban külön chipekre volt szükség.

Ismét ugyanaz a folyamat játszódott le, amelyet a számológépektől kezdve követünk:

egyre több funkció → egyre kisebb helyen.

20.7. Pentium

1993-ban az Intel szakított a pusztán számozott elnevezéssel.

A következő processzor nem „80586”, hanem **Pentium** lett.



Kép aláírás: *Az első Pentium, 1993. Az Intel ettől a generációtól már nemcsak műszaki típusszámként, hanem erős fogyasztói márkaként is kezelte processzorait.*

Ennek jogi oka is volt: egy egyszerű számsort nehéz védjegyként levédeni.

A Pentium már **szuperskalár** architektúrát alkalmazott: megfelelő esetben egy órajelciklus alatt több utasítás végrehajtását is megkezdhette.

A processzor neve hamarosan fogalommá vált.

Az Intel marketingje pedig új jelenséget teremtett. Az **„Intel Inside”** kampánnyal egy olyan alkatrészből csinált fogyasztói márkát, amelyet a vásárló többnyire soha nem is látott.

Az emberek már nem egyszerűen számítógépet vásároltak.

Pentiumos számítógépet akartak.

20.8. AMD és a versenytársak

Az x86 világ azonban sohasem kizárólag az Intelé volt.

Az AMD már korán gyártott Intel-kompatibilis processzorokat, részben azért is, mert az IBM nem akarta egyetlen beszállítótól függővé tenni magát.





Kép aláírás: *AMD Am386 és K5, valamint a korszak más x86-kompatibilis processzorai. A verseny megakadályozta, hogy a PC-processzorok piaca teljesen egyetlen gyártó kezébe kerüljön.*

Az AMD később saját kompatibilis processzorokat fejlesztett.

Am386
Am486
K5
K6
Athlon

A kilencvenes években más vállalatok – például **Cyrix**, IDT és NexGen – is megpróbáltak részesedést szerezni az x86-piacból.



A verseny óriási jelentőségű volt.

Gyorsabb processzorok jelentek meg.

Csökkentek az árak.

Az Intelnek folyamatosan fejlesztenie kellett.

Később pedig az AMD egy különösen érdekes fordulatot hajtott végre: az x86 architektúra 64 bites kiterjesztését, az **AMD64-et** a piac olyan sikeresen fogadta, hogy végül az Intel is ezt az alapvető megoldást követte saját 64 bites PC-processzoraiban.

Az egykori követőből bizonyos értelemben szabványalkotó lett.

20.9. A PC szabvánnyá válik

Az IBM PC történetének talán legfontosabb része nem egyetlen számítógéphez vagy processzorhoz kapcsolódik.

Hanem ahhoz, hogy kialakult egy **szabványos ökoszisztéma**.

A felhasználó választhatott:

más gyártótól számítógépet,

más gyártótól monitort,

más cégtől merevlemezt,

más cégtől memóriát,

más cégtől nyomtatót.

És jó eséllyel működtek együtt.

A szoftverfejlesztőknek sem kellett minden egyes számítógéptípusra külön programot készíteniük.

Ha a program PC-kompatibilis volt, **milliónyi gépen futhatott.**

Ez önmagát erősítő folyamatot indított el:

sok PC → sok szoftver → több vásárló → még több PC → még több szoftver

A konkurens, egymással nem kompatibilis számítógép-platformok egyre nehezebb helyzetbe kerültek.

A PC végül nem azért győzött, mert minden szempontból ez volt a legjobb számítógép.

Hanem mert **szabvánnyá vált.**

Miért nem az IBM gyártja ma a PC-k többségét?

Ez a számítástechnika történetének egyik legszebb paradoxona.

Az IBM létrehozta azt a számítógépet, amelyből a világ legelterjedtebb személyiszámítógép-szabványa született.

Mégsem az IBM uralta végül ezt a piacot.

Mi történt?

Az IBM sietett

1980-ban az IBM felismerte, hogy gyorsan kell belépnie a személyi számítógépek piacára.

Ezért nem saját maga fejlesztett ki minden alkatrészt.

A processzort az Inteltől vásárolta.

Az operációs rendszerhez a Microsoftot vonta be.

Számos további alkatrész szintén kereskedelmi forgalomban hozzáférhető volt.

Ez tette lehetővé, hogy a PC rendkívül gyorsan elkészüljön.

Ugyanez tette lehetővé azt is, hogy **mások lemásolják az architektúrát.**

Megjelentek a klónok

A kompatibilis gépek gyártói ugyanazokat vagy hasonló alkatrészeket használhatták.

A BIOS problémáját jogszerű, önálló implementációkkal oldották meg.

A PC-kompatibilis géphez pedig ugyanazokat a programokat lehetett használni.

A vásárló számára egyre kevésbé volt fontos, hogy a dobozon IBM szerepel-e.

A fontos kérdés ez lett: **IBM-kompatibilis?**

Ha igen, futott rajta a megszokott szoftver.

A szabvány elszakadt megalkotójától

Ez döntő fordulat. Az IBM PC-ből létrejött ökoszisztéma már nem függött az IBM-től.

A processzorok fejlődését elsősorban az Intel és versenytársai hajtották.

Az operációs rendszerek világában a Microsoft vált meghatározóvá.

A PC-gyártók pedig egyre nagyobb versenybe kerültek egymással.

Az IBM megpróbálta visszaszerezni az irányítást. Az 1987-ben bemutatott **PS/2** sorozattal és a Micro Channel Architecture rendszerrel ismét nagyobb ellenőrzést szeretett volna a platform fölött.

Csakhogy addigra késő volt. A PC-ipar már megtanulta, hogy **IBM nélkül is tud PC-t építeni**.

Az IBM végül 2005-ben eladta személyiszámítógépes üzletágát a Lenovo számára.

A ThinkPad tovább élt.

Az IBM PC-üzletága azonban megszűnt.

A történet különös tanulsága

Az IBM talán legnagyobb sikere éppen az lett, amit hosszú távon már nem tudott birtokolni.

Az IBM PC nem egyszerűen sikeres termék lett. **Szabvány lett.**

És amikor egy technológia valódi szabvánnyá válik, többé nem feltétlenül az a vállalat a legfontosabb, amely létrehozta.

Az IBM megalkotta a PC-t. A kompatibilitás pedig kiszabadította a PC-t az IBM kezéből.

21. Apple – egy másik út

Az előző fejezetben azt láttuk, hogyan vált az IBM PC egyetlen vállalat termékéből **ipari szabvánnyá**. Számtalan gyártó készíthetett kompatibilis gépet, a felhasználó pedig maga választhatta ki processzorát, videokártyáját, merevlemezét és perifériáit.

Az Apple más utat választott.

Nem szabványt akart teremteni, amelyet mások is gyárthatnak, hanem **egységes számítógépet**: a hardvert, az operációs rendszert és a felhasználói élményt lehetőleg egyetlen rendszerként kívánta kézben tartani.

A két felfogás évtizedeken át egymás mellett fejlődött:

PC: nyitottság, kompatibilitás, sok gyártó

Apple: integráció, egységes hardver és szoftver, ellenőrzött környezet

Mindkét modell életképesnek bizonyult.

21.1. Apple II

Az Apple II-vel már találkoztunk a 8 bites gépeknél, de itt más szempontból érdemes visszatérni hozzá.

1977-ben jelent meg, és az egyik első igazán sikeres, sorozatban gyártott személyi számítógép lett.



Kép aláírás: *Apple II, 1977. Steve Wozniak konstrukciója színes grafikát és kiváló bővíthetőséget kínált. Az Apple II nemcsak hobbisták gépe lett: az oktatásban és az üzleti életben is komoly sikert aratott.*

Az Apple II műszaki tervezése elsősorban **Steve Wozniak** munkája volt. Steve Jobs azonban felismerte, hogy a számítógépnek nem elég működnie.

Eladható terméknek is kell lennie.

Ezért az Apple II nem csupasz áramköri lapként jelent meg. Műanyag házat és rendes billentyűzetet kapott, televízióhoz vagy monitorhoz csatlakoztathatták, és később floppymeghajtóval egészíthették ki.

Az Apple II sikeréhez egy program is jelentősen hozzájárult: az **1979-ben megjelent VisiCalc**, az első széles körben sikeres táblázatkezelők egyike.

A számítógépet sokan kifejezetten azért vásárolták meg, hogy ezt az egyetlen programot használhassák.

Megszületett egy új fogalom:

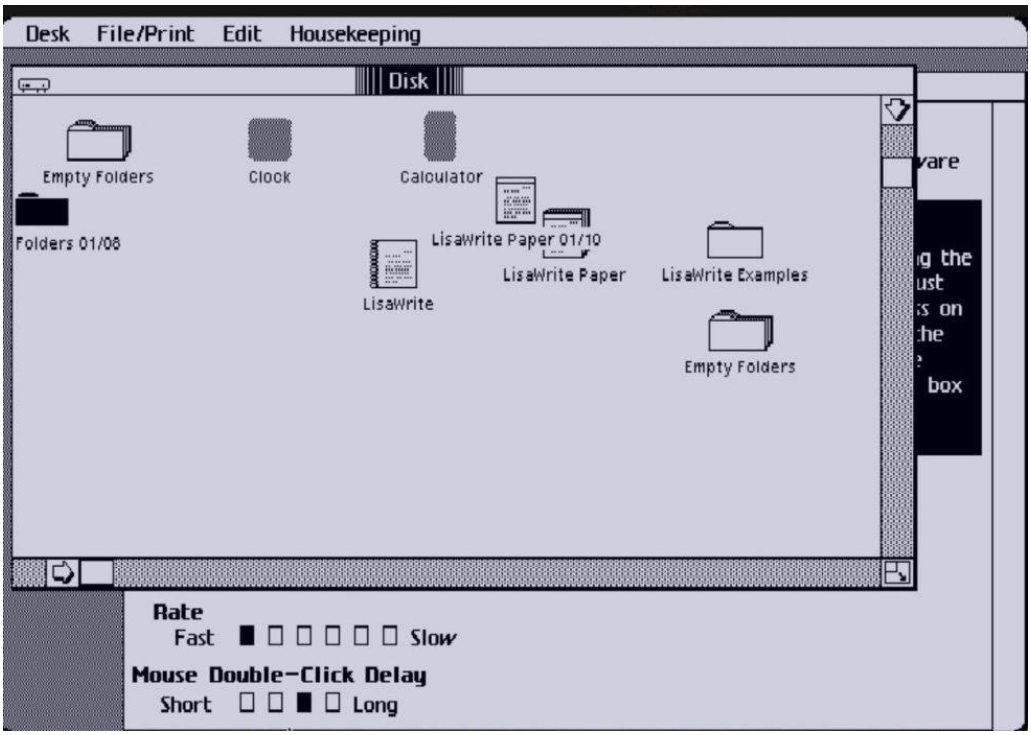
killer application – az a program, amely miatt önmagában is érdemes megvenni a számítógépet.

Az Apple II bebizonyította, hogy a személyi számítógép nemcsak érdekes műszaki játék, hanem valódi **munkaeszköz**.

21.2. Lisa

1983-ban az Apple bemutatta a **Lisa** számítógépet.







Kép aláírás: *Apple Lisa, 1983. A gép kereskedelmi személyi számítógépen tette látványossá az ablakokra, ikonokra és egérre épülő grafikus felhasználói felület lehetőségeit.*

A Lisa egészen másképpen kommunikált a felhasználóval, mint a korabeli számítógépek többsége.

Nem kellett minden művelethez parancsokat begépelni.

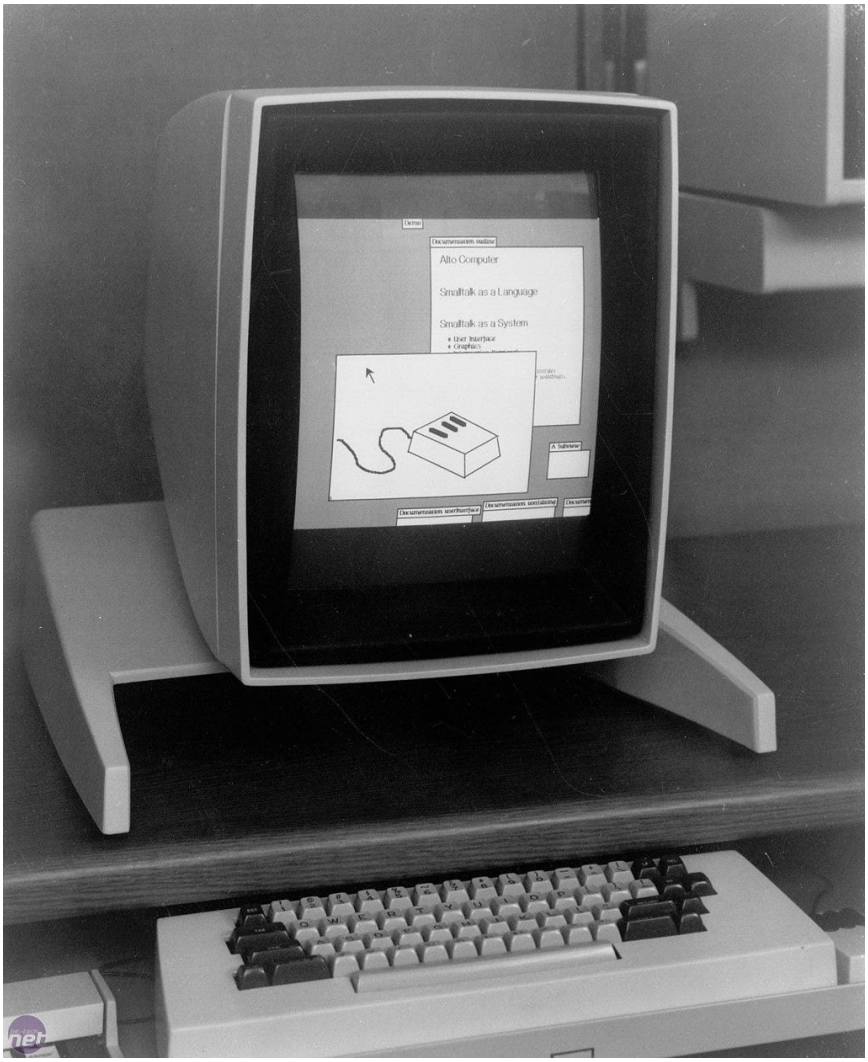
A képernyőn **ablakok, ikonok és menük** jelentek meg.

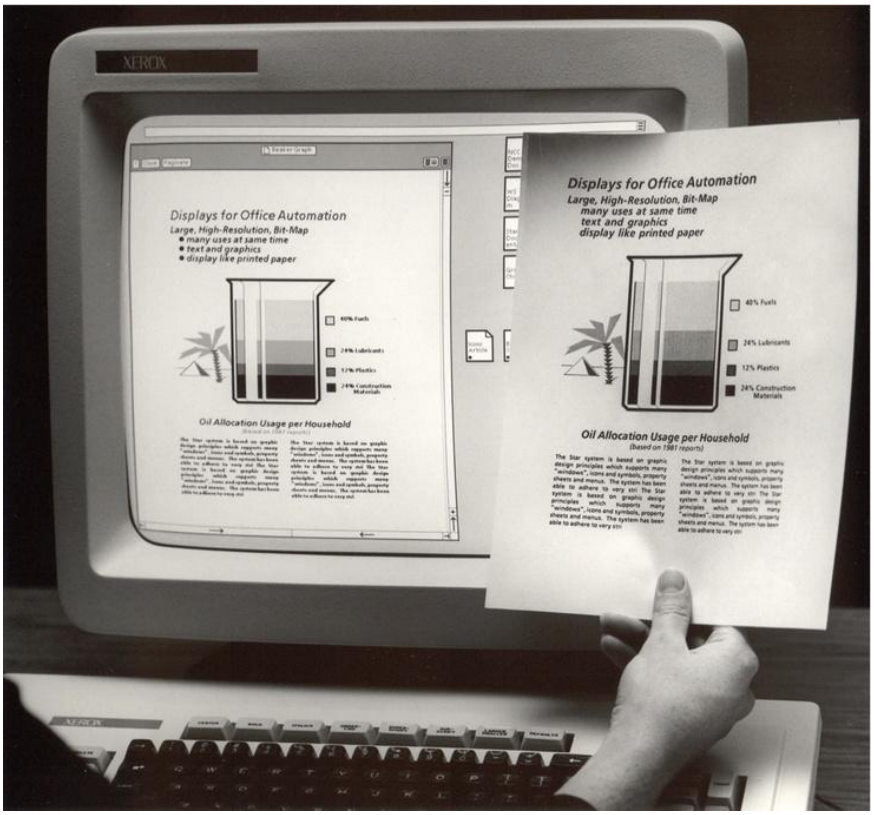
A felhasználó pedig egy különös kis eszközzel mozgathatta a mutatót: az **egérrel**.

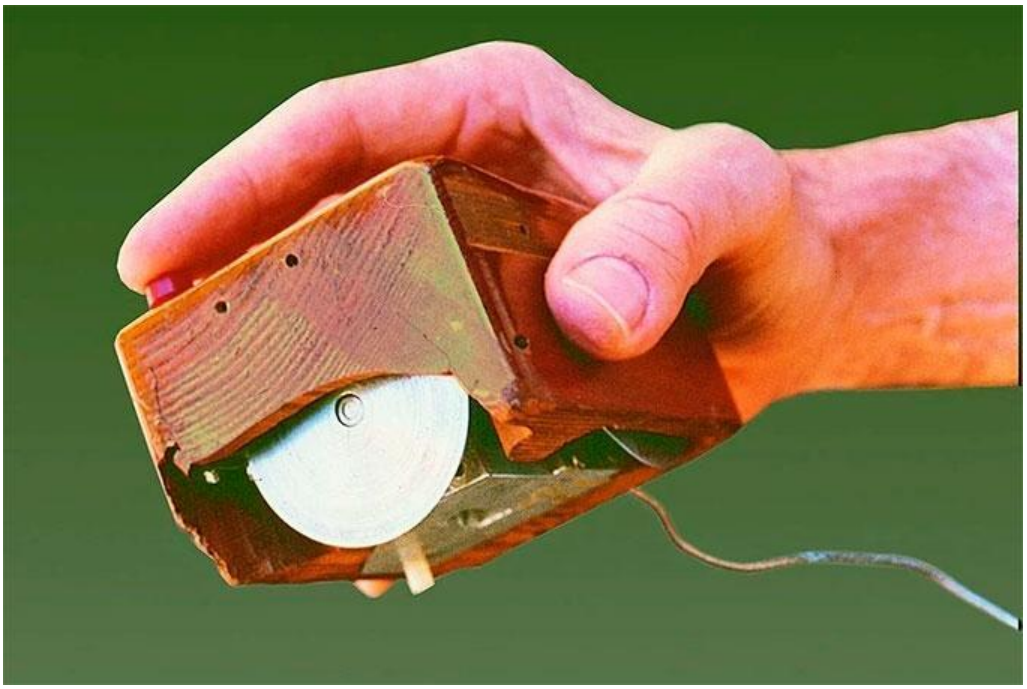
Fontos azonban elkerülni egy közkeletű leegyszerűsítést.

Az Apple nem találta fel sem az egeret, sem a grafikus felhasználói felületet.

Az egér története Douglas Engelbarthoz vezet vissza, a grafikus interfész fejlődésében pedig döntő szerepe volt a Xerox PARC kutatóközpontnak.







Kép aláírás: *Az Apple grafikus felületeinek fontos előzményei: Douglas Engelbart egere és a Xerox PARC Alto számítógépe. Az Apple nem egyszerűen lemásolta ezeket az ötleteket: továbbfejlesztette és kereskedelmi termékben alkalmazta őket.*

Steve Jobs és munkatársai 1979-ben látogatást tettek a Xerox PARC-ban, ahol látták a grafikus felület több elemét működés közben.

Jobs felismerte, hogy ebben rejlik a személyi számítógépek jövője.

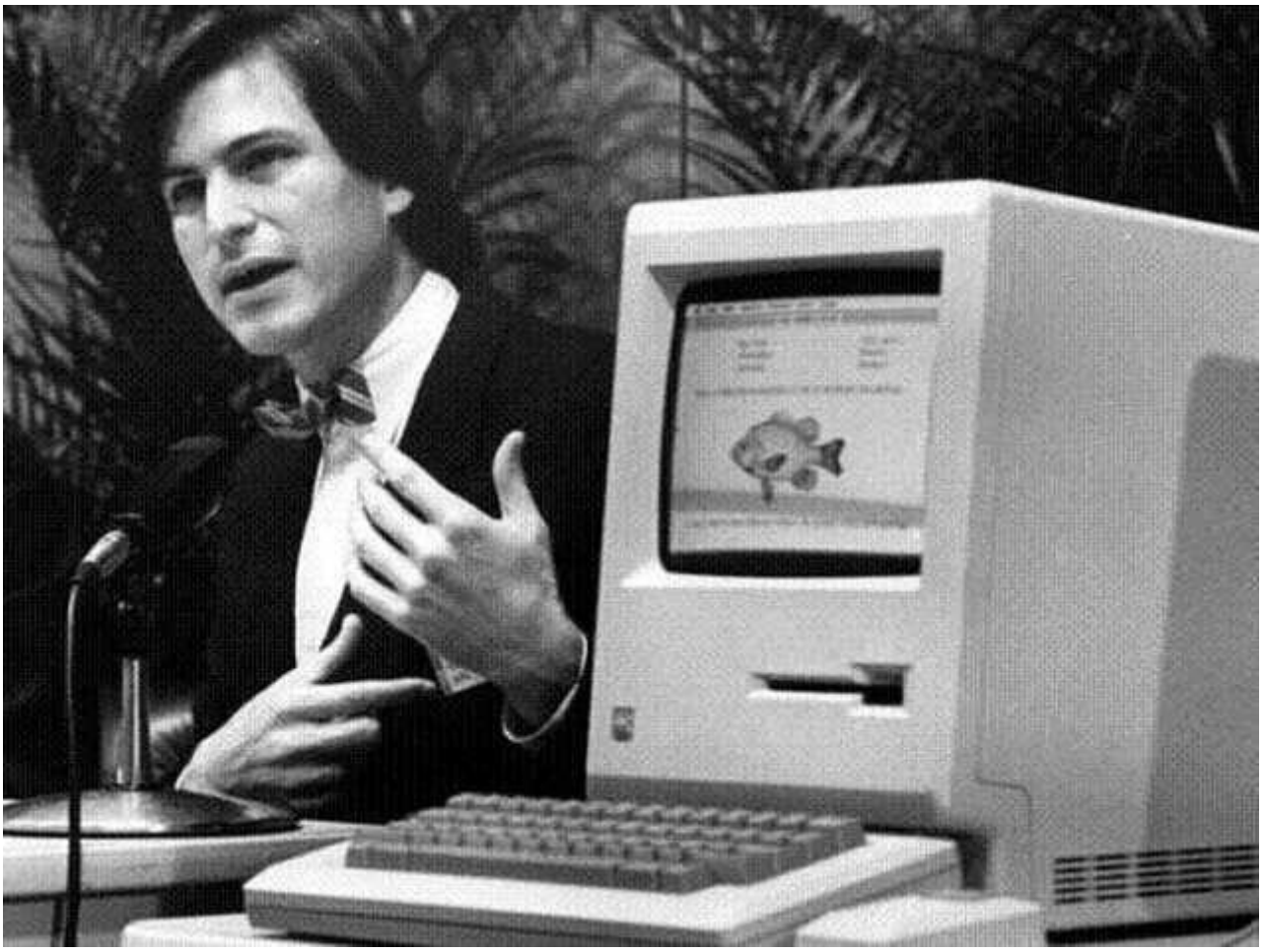
A Lisa azonban nagyon drága volt: induló ára közel **10 000 dollár**.

Technikatörténeti jelentősége sokkal nagyobb lett, mint kereskedelmi sikere.

21.3. Macintosh

1984 január 24-én az Apple bemutatta a **Macintosh 128K** számítógépet.





Kép aláírás: *Macintosh 128K, 1984. A számítógép, a monitor és a floppymeghajtó egyetlen kompakt házba került. Az egér és a grafikus felület a Macintosh alapvető kezelőeszközei voltak.*

A Macintosh nem az első grafikus felületű számítógép volt.

Nem az első egérrel vezérelhető számítógép volt.

Nem is az első Apple gép, amely ilyen elveket használt.

Mégis a Macintosh tette ezeket az elképzeléseket **szélesebb közönség számára láthatóvá és kívánatossá.**

A gép Motorola 68000 processzorra épült, 128 KB memóriát tartalmazott, 9 hüvelykes monokróm grafikus kijelzőt és 3,5 hüvelykes floppymeghajtót kapott.

A Macintoshot nem parancssor használatára tervezték.

A számítógép képernyőjén egy **íróasztal metaforája** jelent meg.

Dokumentumok.

Mappák.

Kuka.

Ablakok.

Menük.

A felhasználónak nem feltétlenül kellett tudnia, hogyan működik a számítógép belül.

Ez szemléleti forradalom volt.

A számítógépnek kellett megtanulnia az ember nyelvén beszélni – nem az embernek a számítógépén.

21.4. Grafikus felület

A korai személyi számítógépekkel többnyire szöveges parancsokon keresztül kommunikáltunk.

Például DOS alatt:

```
DIR
```

```
COPY
```

```
DEL
```

A felhasználónak ismernie kellett a megfelelő parancsot és annak pontos formáját.

A grafikus felület egészen más logikát vezetett be.

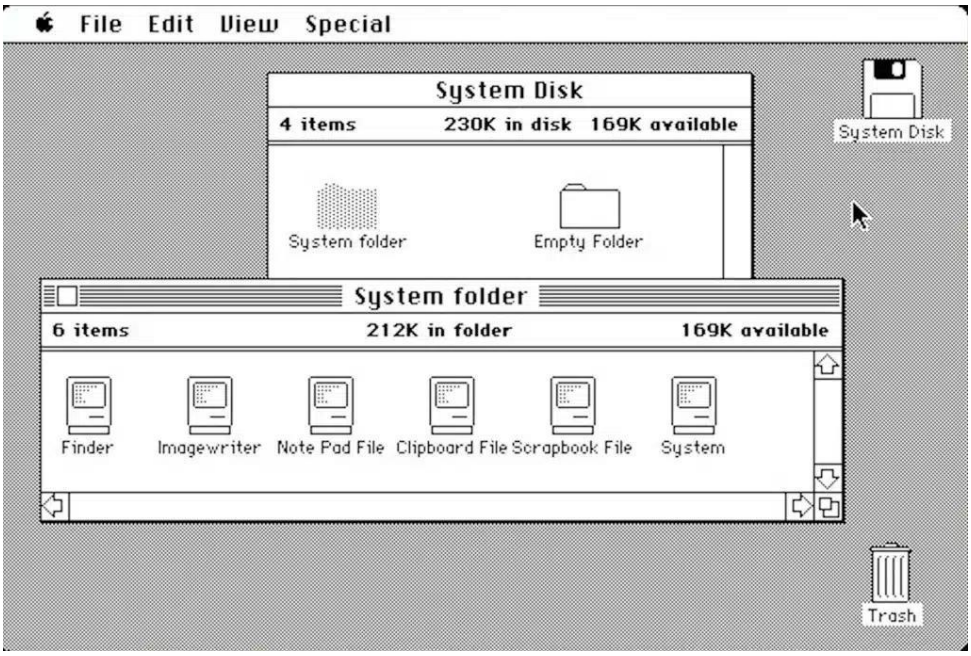
parancs → ikon

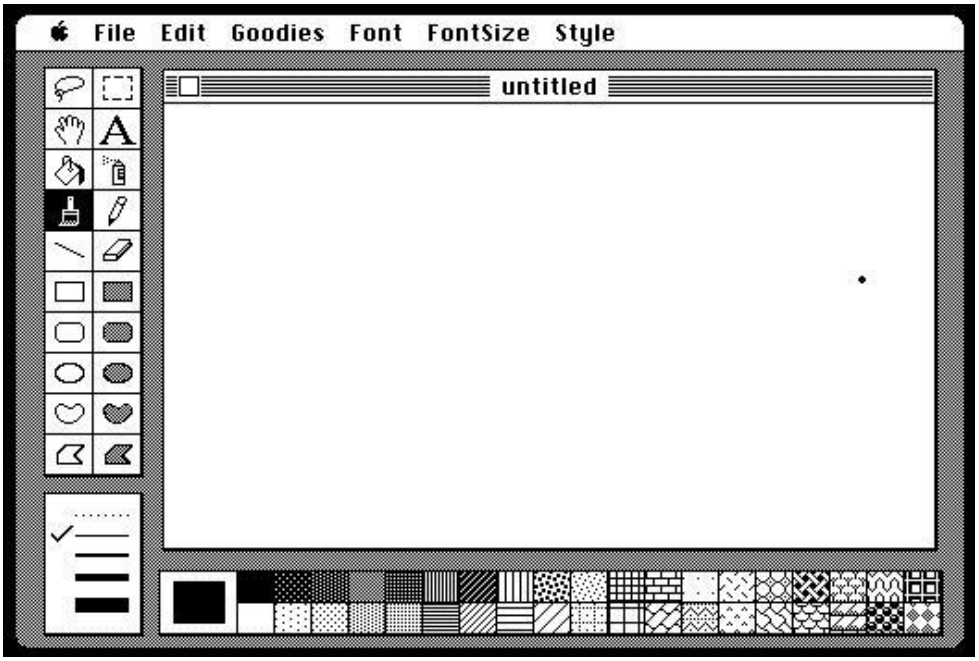
fájlnév → dokumentum képe

könyvtár → mappa

törlés → kuka

A felhasználónak egyre kevésbé kellett megtanulnia a számítógép belső logikáját. Olyan tárgyakat és műveleteket látott, amelyek a való életből ismerősnek tűntek.





Kép aláírás: *A korai Macintosh grafikus környezete. Ablakok, ikonok, menük és egérmutató – olyan kezelési elvek, amelyek ma természetesnek tűnnek, de az 1980-as évek elején még újszerűek voltak.*

Kialakult a grafikus felületek egyik alapelve, amelyet gyakran **WIMP** rövidítéssel írnak le:

Windows – ablakok
Icons – ikonok
Menus – menük
Pointer – mutató

A grafikus felületnek azonban ára volt.

Több memória kellett hozzá.

Nagyobb számítási teljesítmény kellett hozzá.

Grafikus kijelző kellett hozzá.

Ezért válhatott igazán általánossá akkor, amikor a hardver már elég olcsó és erős lett hozzá.

21.5. Apple és Microsoft

Az Apple és a Microsoft történetét gyakran egyszerűen két rivális vállalat harcaként mesélik el.

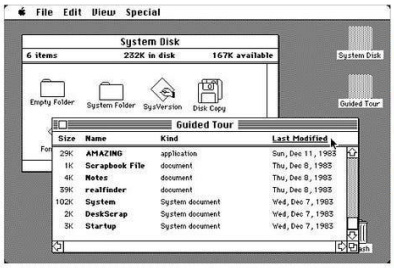
A valóság sokkal érdekesebb.

A Microsoft már a korai Macintosh egyik fontos szoftverfejlesztője volt. Programokat készített a gépre, köztük később a Wordöt és az Excelt.

Aztán a Microsoft saját grafikus környezetet fejlesztett az IBM PC-kompatibilis gépek számára.

Ez lett a **Windows**.

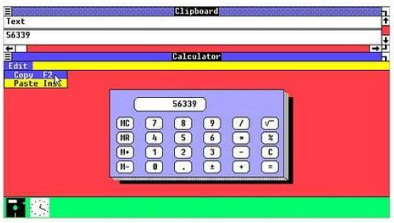
1985-ben megjelent a Windows 1.0, majd a rendszer fokozatosan fejlődött. Az igazi áttörést az 1990-es Windows 3.0, majd különösen az 1995-ben megjelent **Windows 95** hozta.



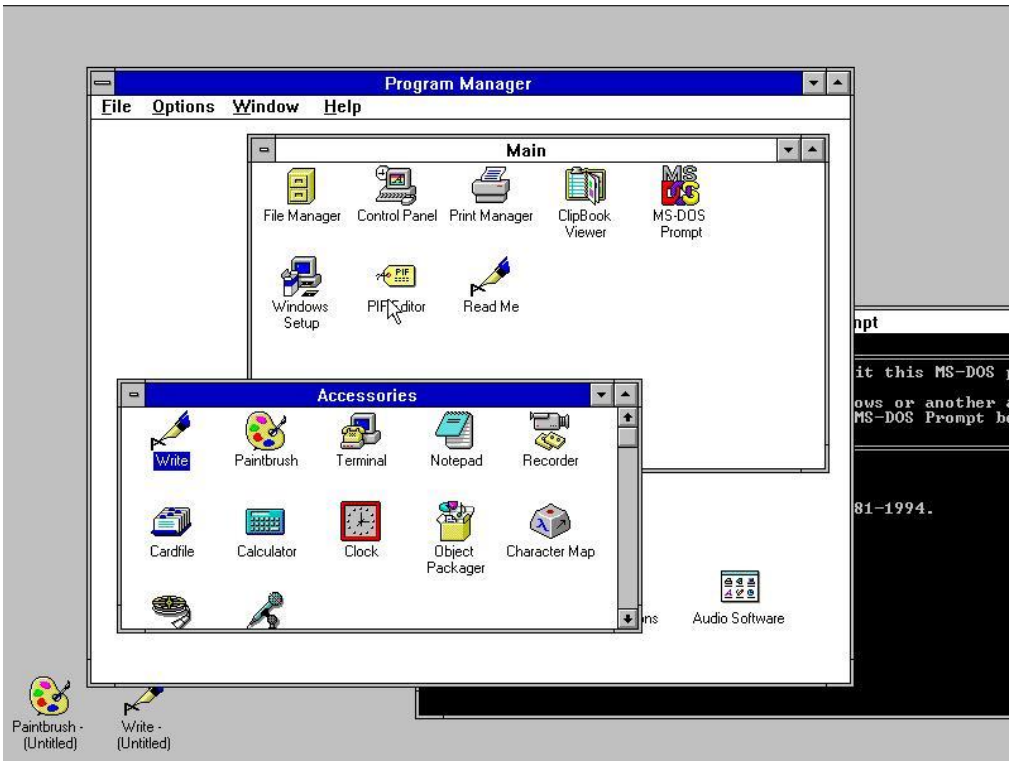
Macintosh System 1.0 - 1984

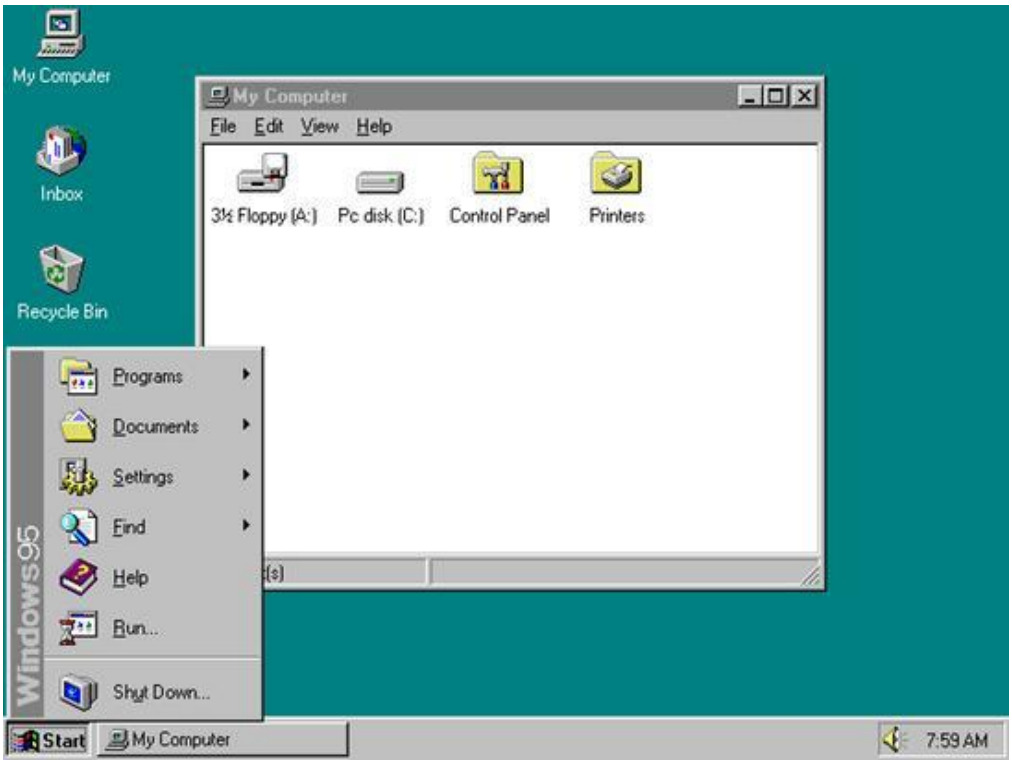


Amiga Workbench 1.0 - 1985



Windows 1.0 - 1985





Kép aláírás: *A grafikus felület két fő személyiszámítógépes ága: Macintosh és Windows. Az 1990-es évekre az egér, az ablakok és az ikonok már nem különlegességet, hanem alapvető számítógép-kezelési módot jelentettek.*

A két vállalat között komoly jogi vita is kialakult a grafikus felület elemei miatt.

De a történelmi folyamat szempontjából fontosabb valami más.

Az Apple megmutatta, milyen lehet egy egységesen megtervezett grafikus személyi számítógép.

A Microsoft pedig a grafikus felületet eljuttatta az **IBM PC-kompatibilis gépek hatalmas világába**.

A két út tehát versenyzett egymással – és közben kölcsönösen hatott egymásra.

21.6. Az Apple visszatérése

Az Apple története korántsem volt folyamatos sikersorozat.

Steve Jobs 1985-ben távozott a vállalattól.

Az Apple a Macintosh-családdal továbbra is fontos szereplő maradt, különösen a grafikai, kiadványszerkesztési és oktatási területeken, de az IBM-kompatibilis PC-k és a Windows egyre nagyobb piaci fölénybe kerültek.

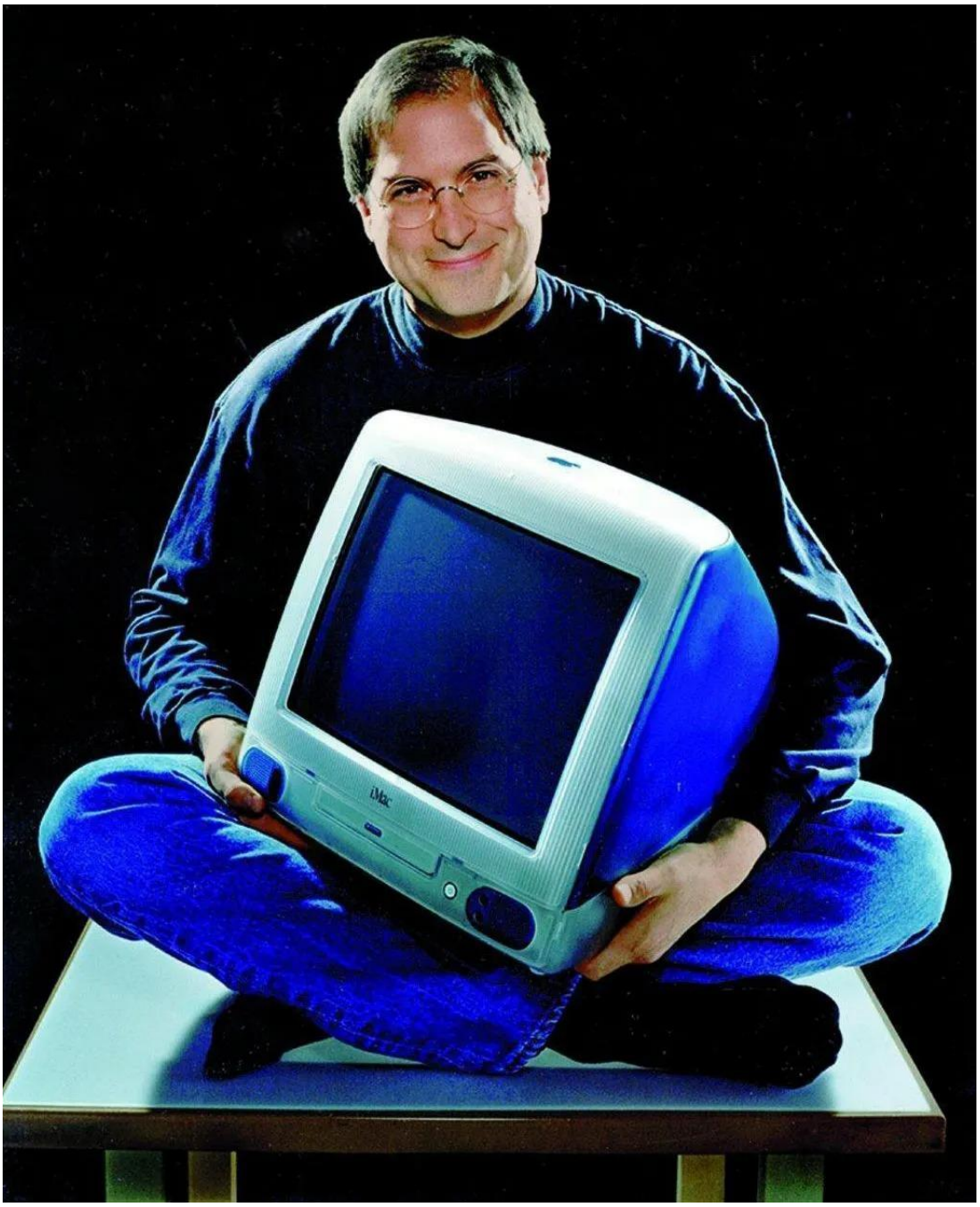
Az 1990-es évek közepére az Apple súlyos válságba jutott.

Túl sok, egymástól nehezen megkülönböztethető Macintosh-modell létezett, az operációs rendszer technikailag öregedett, a vállalat pénzügyi helyzete romlott.

1997-ben Steve Jobs visszatért, és radikálisan egyszerűsítette a termékkínálatot.

1998-ban megjelent az **iMac**.




iMac



Kép aláírás: *iMac G3, 1998. Az áttetsző, színes burkolat radikálisan különbözött a korszak bézs PC-itől. Az Apple ismét azt hangsúlyozta, hogy a számítógép nemcsak műszaki eszköz, hanem megtervezett tárgy is.*

Az iMac látványosan szakított a bézs számítógépházak világával.

De az Apple visszatérése nem pusztán formatervezési siker volt.

2001-ben megjelent a **Mac OS X**, amely a Jobs által alapított NeXT technológiájára épült, és korszerű Unix-alapokat adott a Macintoshnak.

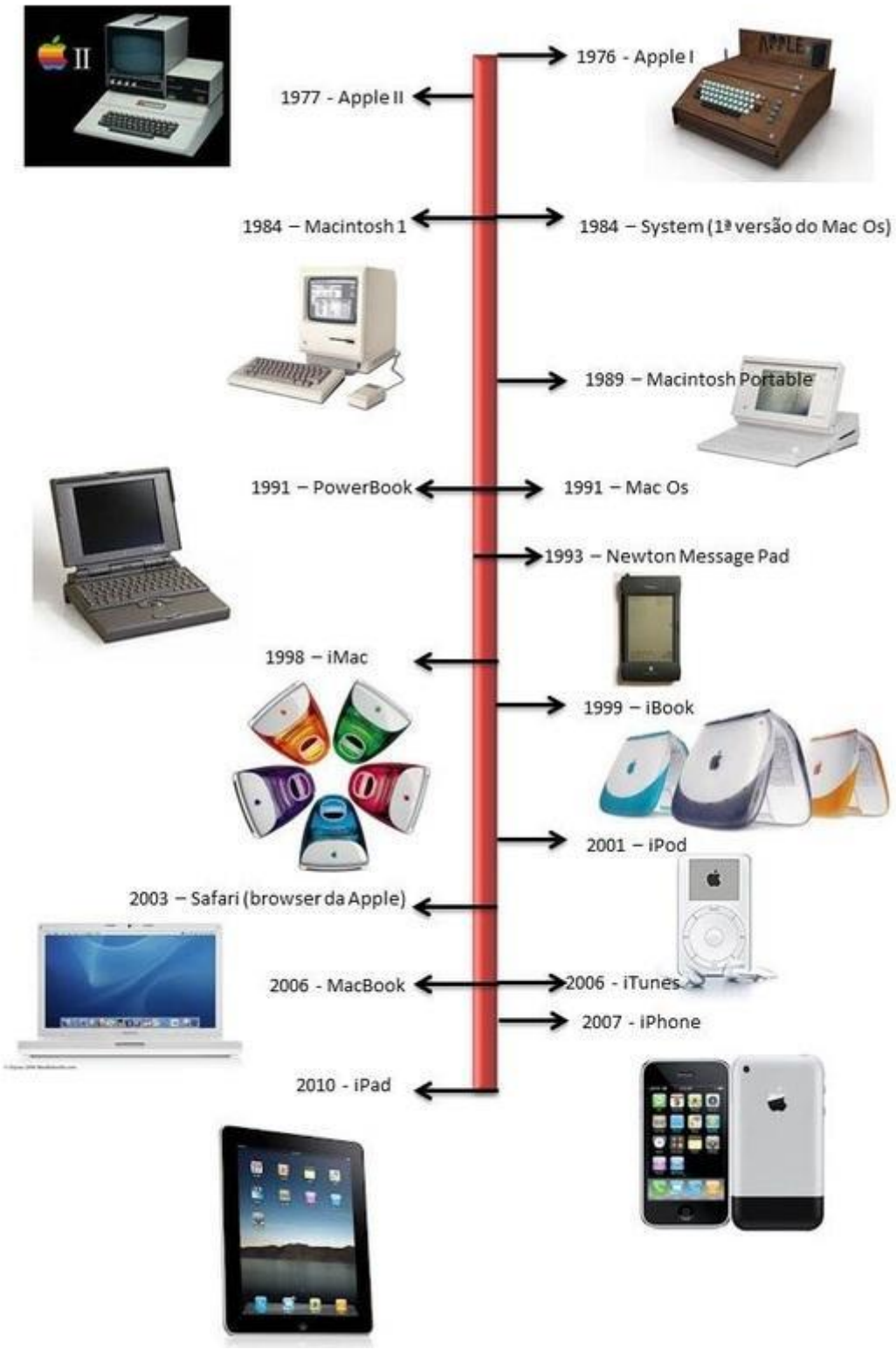
Ugyanebben az évben bemutatták az iPodot.

2007-ben az iPhone-t.

2010-ben az iPadet.

Az Apple fokozatosan már nem egyszerűen számítógépgyártóként gondolkodott.

Ökoszisztémát épített.


1976 - Apple I
1977 - Apple II
1984 – Macintosh 1
1984 – System (1ª versão do Mac Os)
1989 – Macintosh Portable
1991 – PowerBook
1991 – Mac Os
1993 – Newton Message Pad
1998 – iMac
1999 – iBook
2001 – iPod
2003 – Safari (browser da Apple)
2006 - MacBook
2006 - iTunes
2007 - iPhone
2010 - iPad


iMac
iPhone


Steve Jobs Timeline
Apple 1 Computer
1975
Apple iMac
1998
iPhone
2007
P X A R
Buys Pixar Studios
1986
First iPod
2001
First iPad
2010

Kép aláírás: *Az Apple fejlődésének néhány állomása az Apple II-től a Macintoshon és az iMacen át az iPhone-ig. A vállalat alapelve közben meglepően állandó maradt: a hardver és a szoftver lehetőleg egységes rendszert alkosson.*

És a történetben még egy érdekes fordulat következett.

2006-tól az Apple Macintosh gépei **Intel processzorokat** használtak.

Vagyis a két, korábban élesen különállónak látszó világ hardveresen közelebb került egymáshoz.

Majd 2020-ban az Apple ismét saját irányt választott, és megkezdte az áttérést saját tervezésű **Apple Silicon** processzoraira.

Az M-sorozatú chipekkel az Apple tulajdonképpen visszatért régi filozófiájához:

Ha a teljes rendszert mi tervezzük, a hardvert és a szoftvert együtt optimalizálhatjuk.

Ki találta fel a grafikus felhasználói felületet?

Erre sem lehet egyetlen nevet mondani.

A grafikus számítógép-kezelés több évtizedes fejlődés eredménye.

Douglas Engelbart és munkatársai az 1960-as években olyan interaktív rendszerekkel kísérleteztek, amelyekben már egér, ablakokhoz hasonló megoldások és hipertext is szerepelt.

1968-ban Engelbart híres bemutatóján – amelyet később **„The Mother of All Demos”** néven emlegettek – egyszerre láthatott a közönség egeret, hipertextet, ablakos munkát, videokonferenciát és közös dokumentumszerkesztést.

A **Xerox PARC** kutatói az 1970-es években továbbfejlesztették ezeket az elképzeléseket. A Xerox Alto már bittérképes grafikus képernyőt, egeret és ablakokra épülő környezetet használt.

Az **Apple Lisa és Macintosh** ezeket az alapelveket továbbfejlesztve, gondosan egységesített felhasználói felületben vitte közelebb a kereskedelmi piachoz.

A **Microsoft Windows** pedig a grafikus kezelést a PC-kompatibilis gépek százmillióira juttatta el.

Ezért itt sem egyetlen feltalálóról, hanem fejlődési láncról érdemes beszélni:

Engelbart → Xerox PARC → Apple Lisa/Macintosh → Microsoft Windows → modern grafikus rendszerek

Nem elég feltalálni – a Google paradoxona

Az informatika története tele van olyan vállalatokkal, amelyek valami korszakalkotót hoztak létre – majd mások csináltak belőle világsikert.

A Xerox PARC laboratóriuma az 1970-es években olyan technológiákat mutatott be, amelyek később alapvetően meghatározták a személyi számítógépeket: grafikus felhasználói felületet, egeret, Ethernet-hálózatot. A Xerox azonban nem ezekből építette fel a következő számítógépes birodalmat. A grafikus felület lehetőségét az Apple, majd a Microsoft ismerte fel és vitte el százmilliókhoz.

Évtizedekkel később mintha hasonló történet ismétlődne.

Csakhogy ezúttal a Google került a különös szerepbe.

A Google kutatói 2017-ben publikálták az **Attention Is All You Need** című tanulmányt. Ebben mutatták be a Transformer architektúrát, amely később a nagy nyelvi modellek technológiai alapjává vált.

A „T" a GPT nevében is erre utal:

Generative Pre-trained Transformer.

Vagyis annak a technológiai forradalomnak, amelyet a világ jelentős része később a ChatGPT megjelenésével ismert meg, az egyik legfontosabb alapkövét éppen a Google kutatói tették le.

Mégsem a Google indította el a ChatGPT-forradalmat.

Az innovátor dilemmája

Ennek egyik lehetséges magyarázata különösen tanulságos.

A Google-nak már volt egy rendkívül sikeres üzlete: az internetes keresés és a hozzá kapcsolódó reklám.

Egy olyan mesterséges intelligencia viszont, amely közvetlenül megválaszolja a kérdéseinket, részben éppen ezt a modellt kérdőjelezi meg.

Miért nézzünk végig tíz találatot, ha egy AI azonnal összefoglalja a választ?

A Google-nak tehát nemcsak egy új technológiát kellett kifejlesztenie.

Saját korábbi sikerével is versenyeznie kellett.

Az OpenAI-nak nem volt ilyen problémája. Nem kellett megvédenie egy keresőmotort, egy évtizedek alatt kialakult üzleti modellt vagy egy több százmilliárd dolláros piacot.

Egyszerűen megmutathatta, mire képes az új technológia.

Ez az innováció történetének egyik visszatérő paradoxona:

a siker néha akadályává válhat a következő sikernek.

És elindultak az emberek

A történet azonban itt nem ért véget.

A Google és a DeepMind az AI-kutatás legfontosabb műhelyei közé tartozott, mégis egyre több vezető kutató távozott más AI-laboratóriumokhoz vagy saját vállalkozásba.

Ez megmutatja az AI-verseny egy kevésbé látványos, de rendkívül fontos oldalát.

Nemcsak processzorokért folyik a verseny.

Nemcsak adatközpontokért.

Nemcsak energiáért és adatokért.

Hanem emberekért is.

A világ élvonalbeli AI-rendszereit egyelőre viszonylag szűk kutatói és mérnöki elit képes továbbfejleszteni. Egy-egy meghatározó kutató távozása ezért olyan lehet, mint amikor egy Forma–1-es csapat nem egyszerűen elveszíti egyik versenyzőjét, hanem vele együtt azt a mérnököt is, aki tudja, hogyan kell megépíteni a következő autót.

Furcsa paradoxonhoz jutottunk:

minél intelligensebbé válnak a gépek, annál értékesebbek azok az emberek, akik képesek még intelligensebbé tenni őket.

Legalábbis egyelőre.

A Xerox tanulsága újra?

Túl korai lenne kijelenteni, hogy a Google elveszítette az AI-versenyt. Hatalmas kutatási háttérrel, számítási infrastruktúrával, saját chipekkel, a Geminivel és több milliárd felhasználót elérő szolgáltatásokkal rendelkezik.

A történet ezért még korántsem ért véget.

A párhuzam mégis figyelemre méltó:

Xerox PARC → grafikus felület → Apple és Microsoft

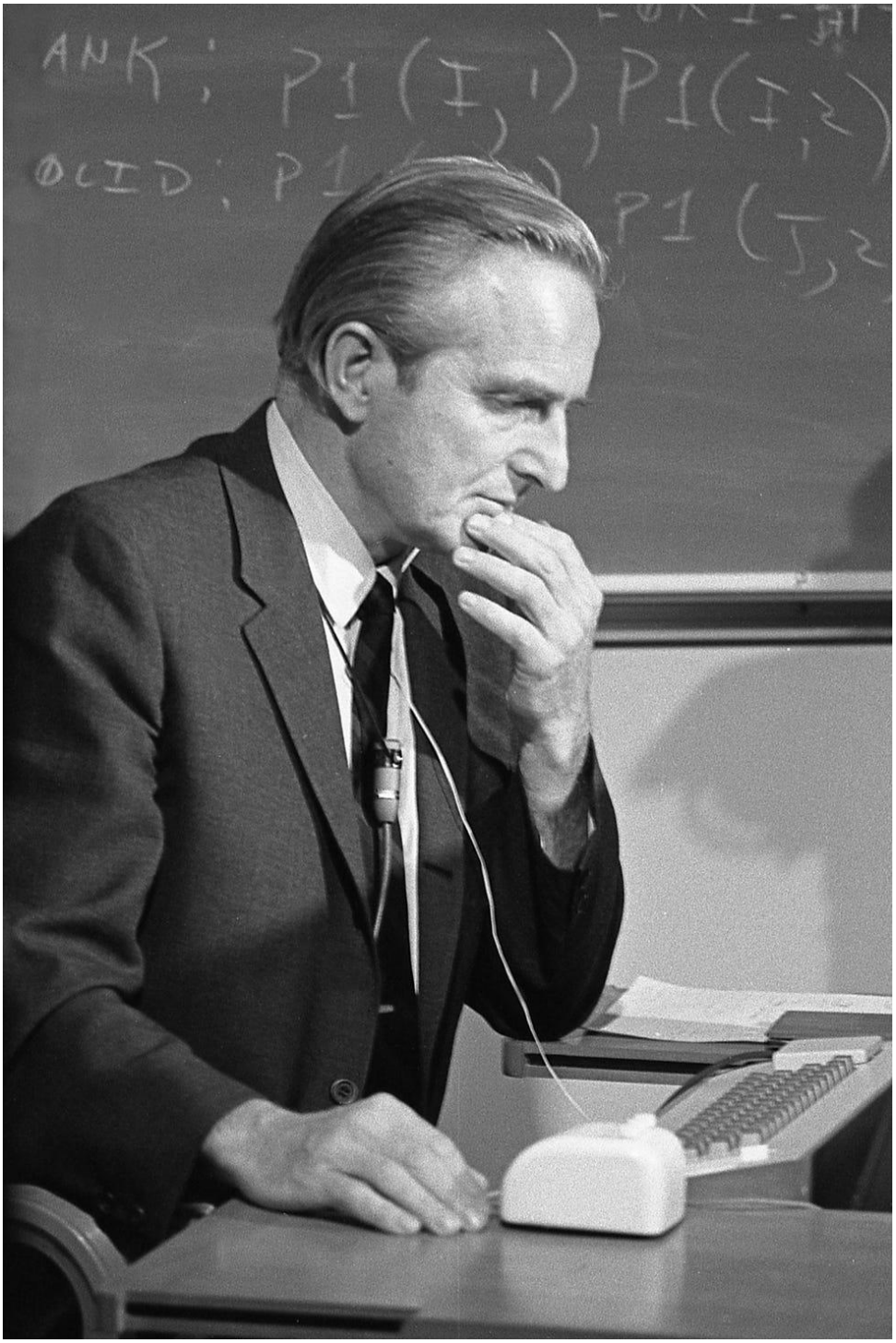
Google → Transformer → OpenAI és az LLM-forradalom

A számítástechnika története újra figyelmeztet bennünket:

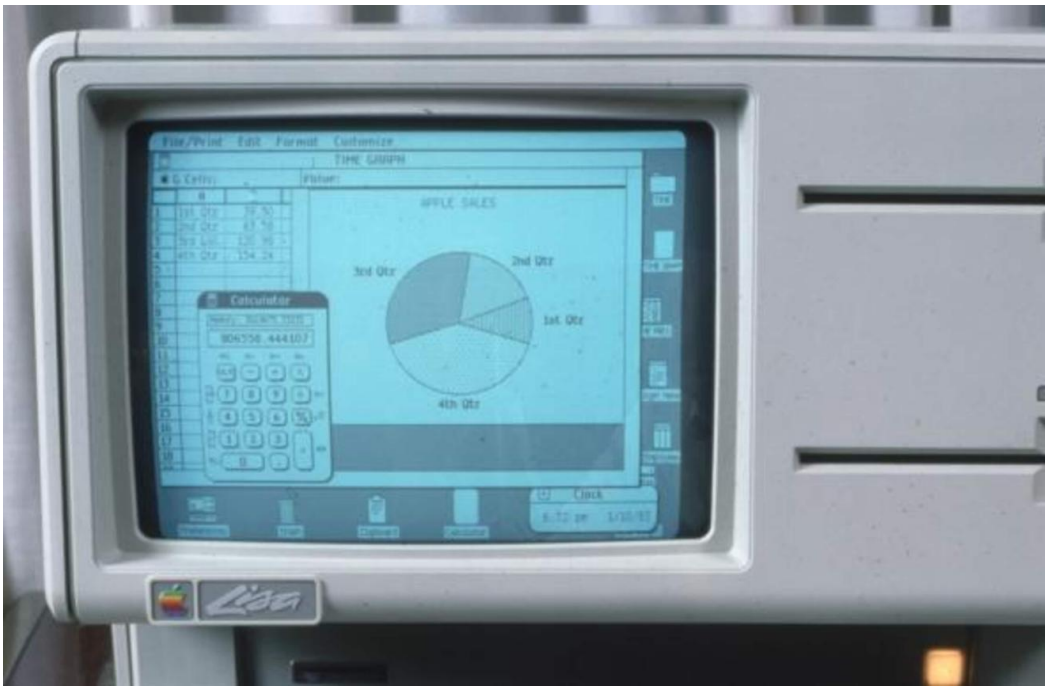
nem feltétlenül az változtatja meg a világot, aki először kitalál valamit.

Hanem az, aki felismeri, hogy mit lehet vele kezdeni – és elég gyorsan meg is csinálja.

„Mintha fél évszázaddal később megismétlődne a Xerox PARC története: akkor a grafikus felület lehetőségét ismerték fel mások, most pedig a Google által kidolgozott Transformer indított el más vállalatok kezében egy új forradalmat.”







Kép aláírás: *A grafikus felhasználói felület fejlődésének néhány állomása. Nem egyetlen pillanatban találták fel: kutatók és vállalatok egymás ötleteire építve alakították ki.*

Grafikus felületek más számítógépeken

A grafikus felhasználói felület nem maradt az Apple számítógépeinek sajátossága. Az 1980-as évek közepétől más gépeken is megjelent az ablakokra, ikonokra, menükre és egérhasználatra épülő kezelési mód.

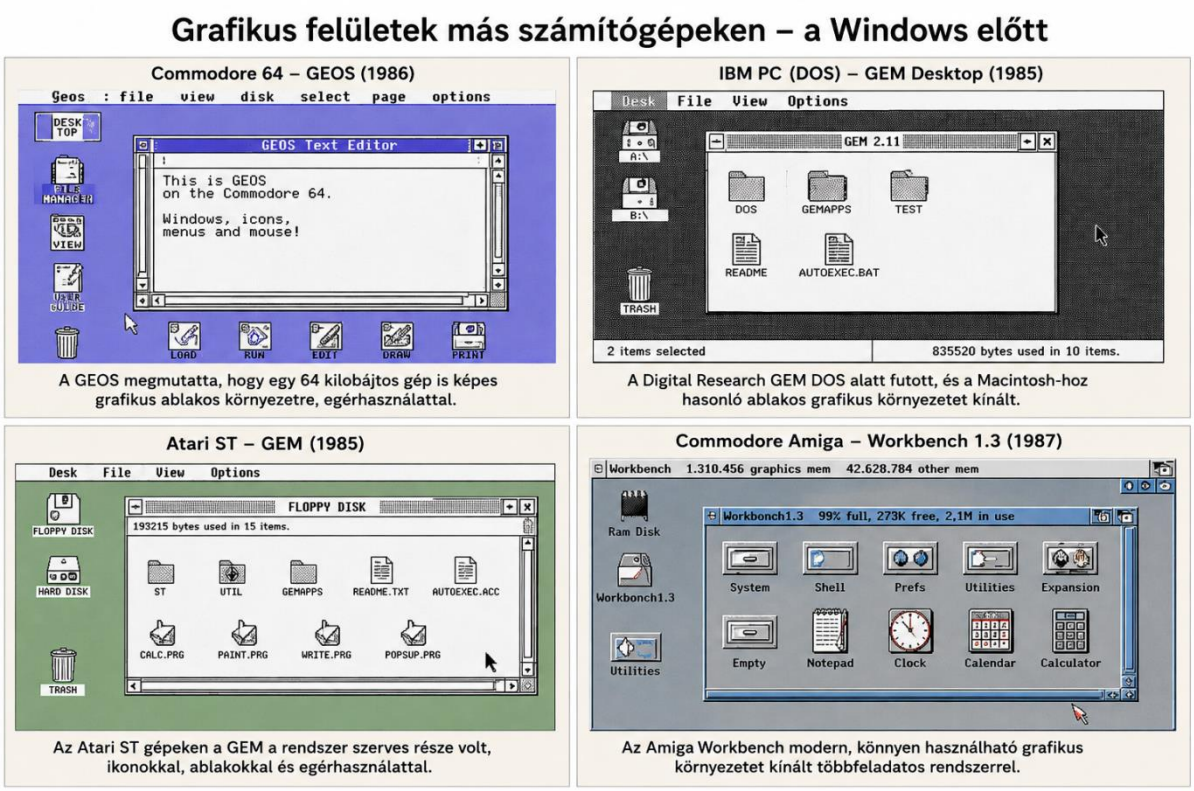
A **Digital Research GEM (Graphics Environment Manager)** 1985-ben jelent meg. Elsősorban IBM PC-kompatibilis számítógépeken, DOS alatt használták, és a Macintoshéhoz hasonló grafikus környezetet kínált. A GEM különösen a **GEM Desktop** és a rá épülő programok – például a Ventura Publisher – révén vált ismertté. Változatai az **Atari ST** számítógépeken is fontos szerepet kaptak, ahol a GEM a gép grafikus környezetének szerves részévé vált.

Még érdekesebb példa az 1986-ban megjelent **GEOS (Graphic Environment Operating System)**. A Berkeley Softworks rendszere azt bizonyította, hogy még egy mindössze 64 kilobájt memóriával rendelkező **Commodore 64** is képes lehet grafikus, ikonokkal, ablakokkal, menükkel és egérrel kezelhető környezet futtatására. A GEOS-hoz szövegszerkesztő, rajzolóprogram és számos más alkalmazás is készült, így a C64-et a megszokott játék- és BASIC-gépnél jóval inkább egy grafikus munkaállomás jellegű számítógéppé tette.

A GEOS később **Commodore 128-ra**, majd **Apple II-re** is elkészült. A rendszer továbbfejlesztett rokona PC-n **GeoWorks Ensemble** néven jelent meg.

A grafikus felület tehát nem egyetlen számítógépcsalád története volt. Az 1980-as évek második felében az **Amiga**, az **Atari ST**, az **Acorn Archimedes**, az IBM PC-kompatibilis gépek és még a Commodore 64 is saját grafikus környezetet kínált.

A különbség elsősorban nem abban állt, hogy melyik gépen volt grafikus felület, hanem abban, hogy **mennyire vált az a számítógép használatának természetes, alapvető részévé**.



Két út a személyi számítógéphez

Az IBM PC és az Apple története két eltérő ipari filozófiát képvisel.

PC-világ	Apple-világ
Sok számítógépgyártó	Egy fő hardvergyártó
Intel/AMD és más processzorok	Apple által kiválasztott vagy tervezett processzor
Microsoft és más operációs rendszerek	Apple operációs rendszer
Szabadon összeállítható konfiguráció	Erősen integrált rendszer
Nagy alkatrészválaszték	Korlátozottabb hardverválaszték
Erős árverseny	Erős rendszerintegráció
Kompatibilitás a fő érték	Felhasználói élmény az egyik fő érték

Egyik modell sem bizonyult abszolút győztesnek.

A PC nyitottabb ökoszisztémája hatalmas versenyt és rendkívüli választékot teremtett.

Az Apple integrált modellje viszont lehetővé tette, hogy a hardvert, az operációs rendszert és a felhasználói felületet egységes egészként tervezzék.

IBM PC: „Építsd össze kompatibilis részekből.”

Apple: „Mi megterveztük az egészet.”

A számítástechnika történetének egyik legérdekesebb fejleménye, hogy **mindkét gondolat túlélte**.

És talán itt érdemes egy pillanatra megállni. Az eddigi történetben azt figyeltük, hogyan lett a számítógép **kisebb, olcsóbb és személyesebb**. A Macintosh után azonban egy másik kérdés kerül előtérbe: hogyan lett egyre könnyebb **használni**?

Ez már átvezethet a következő nagy témához: az operációs rendszerek, a DOS, a Windows és végül a modern számítógépes felület történetéhez.

Mikortól volt a személyi számítógép valóban személyi?

Az első személyi számítógép címére több gép is pályázik. Más eredményt kapunk attól függően, hogy az egyéni használatot, a mikroprocesszort, a kereskedelmi forgalmazást vagy a gép felépítését tekintjük döntőnek.

Ha azonban azt kérdezzük:

Melyik volt az első olyan személyi számítógép, amelyet egy átlagos vásárló kész gépként hazavihetett, bekapcsolhatott és valóban sokféle feladatra használhatott?

akkor az **Apple II az egyik legerősebb – és számomra a legmeggyőzőbb – jelölt.**

Az 1977-ben megjelent gépben már együtt volt szinte minden, amit később a személyi számítógéptől elvártunk: processzor, memória, billentyűzet, képernyős megjelenítés, színes grafika, programozási nyelv, háttértár, bővíthetőség és egyre növekvő szoftverkínálat.

A **Kenbak-1** személyes használatra készült, de mai értelemben rendkívül kezdetleges. A **Micral N** valódi mikroprocesszoros számítógép volt, de alapvetően ipari alkalmazásra. Az **Altair 8800** óriási történelmi jelentőségű, de a felhasználónak még egy kapcsolókkal és LED-ekkel működő dobozzal kellett kezdenie. Az **Apple I** már közelebb állt hozzá, de még mindig inkább összeszerelt alaplap volt, mint kész fogyasztási cikk.

Az **Apple II (1977)** viszont már szinte minden olyan tulajdonsággal rendelkezett, amelyet ma természetesnek tekintünk egy személyi számítógépnél:

- kész, sorozatban gyártott számítógép volt;

- saját háza és teljes billentyűzete volt;
- televízióhoz vagy monitorhoz csatlakoztathatták;
- szöveget és grafikát jelenített meg, ráadásul **színes grafikát;**
- BASIC állt rendelkezésre;
- programokat és adatokat lehetett tárolni, kezdetben kazettán, majd floppy lemezen;
- bővíthető volt;
- általános célú volt: programozásra, játékra, oktatásra és üzleti munkára egyaránt használhatták;
- **nem kellett előbb számítógépet építeni ahhoz, hogy számítógépet használjunk.**

Az Apple II tulajdonosa már elsősorban **használta a számítógépet**.

Ez aprónak látszó, de alapvető különbség.

Az Apple II-nél a személyi számítógép megszűnt elektronikai projekt lenni, és kész használati tárggyá vált.

Feltalálni nem elég

A technika történetében újra és újra előfordul, hogy egy nagyvállalat birtokában van egy nagyszerű ötlet vagy technológia – mégsem ő aratja le végül annak legnagyobb sikerét.

Az **IBM** 1981-ben rendkívül gyorsan akarta piacra vinni személyi számítógépét. Ezért ahelyett, hogy minden alkatrészt és szoftvert maga fejlesztett volna, külső partnerekre támaszkodott. A processzort az Intel szállította, az operációs rendszer ügyében pedig a Microsofthoz fordult.

A Microsoft olyan megállapodást kötött, amely lehetővé tette számára, hogy az operációs rendszer saját változatát más PC-gyártóknak is licencelje.

Ez akkor talán nem látszott különösebben veszélyesnek. Az IBM számára a termék a **számítógép** volt. Az operációs rendszer csak egy szükséges része annak.

Néhány év múlva azonban megjelentek a PC-klónok. A számítógépeket már tucatnyi vállalat gyártotta, de egyre többön ugyanaz a Microsoft operációs rendszer futott.

A hardvergyártók cserélődhettek. Az operációs rendszer maradt.

Így a PC-világ egyik legértékesebb stratégiai pozíciója fokozatosan nem az IBM, hanem a Microsoft kezébe került.

A Xerox még különösebb története

Az 1970-es években a **Xerox PARC** kutatóközpontjában olyan technológiákon dolgoztak, amelyek ma a személyi számítógép természetes részeinek tűnnek.

Grafikus képernyő.

Ablakok.

Ikonok.

Egér.

Ethernet hálózat.

Lézernyomtatás.

A Xerox Alto számítógép már 1973-ban megmutatta, milyen lehet a jövő interaktív számítógépe.

A Xerox azonban elsősorban másológépekkel foglalkozó óriásvállalat volt. Kutatói sok tekintetben már látták a jövőt, a vállalat azonban nem tudta ezeket az ötleteket kellő időben és megfelelő formában tömegpiaci személyi számítógéppé alakítani.

Amikor Steve Jobs és munkatársai 1979-ben meglátogatták a Xerox PARC-ot, felismerték a grafikus felületben rejlő lehetőséget.

A Xerox kutatói megmutatták, **mi lehetséges.**

Az Apple azt kérdezte: **hogyan lehet ebből terméket csinálni?**

A Lisa, majd különösen a Macintosh már ezt a gondolatot vitte tovább.

Kié tehát a találmány?

A válasz sokszor nem olyan egyszerű, mint szeretnénk.

Az egér például nem a Xerox találmánya: **Douglas Engelbart** és munkatársai már korábban kidolgozták és bemutatták. A Xerox PARC továbbfejlesztette a grafikus számítógép-kezelés világát. Az Apple ezekből az elképzelésekből használható kereskedelmi rendszert épített. A Microsoft pedig később a Windows révén százmilliónyi PC-re vitte el a grafikus felületet.

A fejlődési lánc tehát inkább így néz ki: **ötlet → kutatás → prototípus → termék → tömegtermék**

És nem feltétlenül ugyanaz a személy vagy vállalat végzi el mind az öt lépést.

A technikatörténet egyik legfontosabb tanulsága

Egy nagyszerű találmány önmagában még nem változtatja meg a világot.

Fel kell ismerni a jelentőségét. Megbízható terméket kell belőle készíteni. Megfizethetővé kell tenni. Le kell gyártani. El kell juttatni a vásárlókhoz. Szoftvert és szolgáltatásokat kell köré építeni. És meg kell győzni az embereket arról, hogy szükségük van rá.

Az IBM és a Xerox története ezért ugyanannak a jelenségnek két különböző változata.

Az IBM nem tartotta saját kezében a PC egyik később legértékesebbé váló elemét.

A Xerox pedig nem tudta kellő erővel piaci termékké változtatni számos úttörő kutatási eredményét.

Más vállalatok felismerték a bennük rejlő lehetőséget.

Nem mindig az változtatja meg a világot, aki először kitalál valamit, hanem gyakran az, aki felismeri a jelentőségét, használható terméket készít belőle, és eljuttatja az emberekhez.

X. rész – A számítógép kiszabadul az asztalról

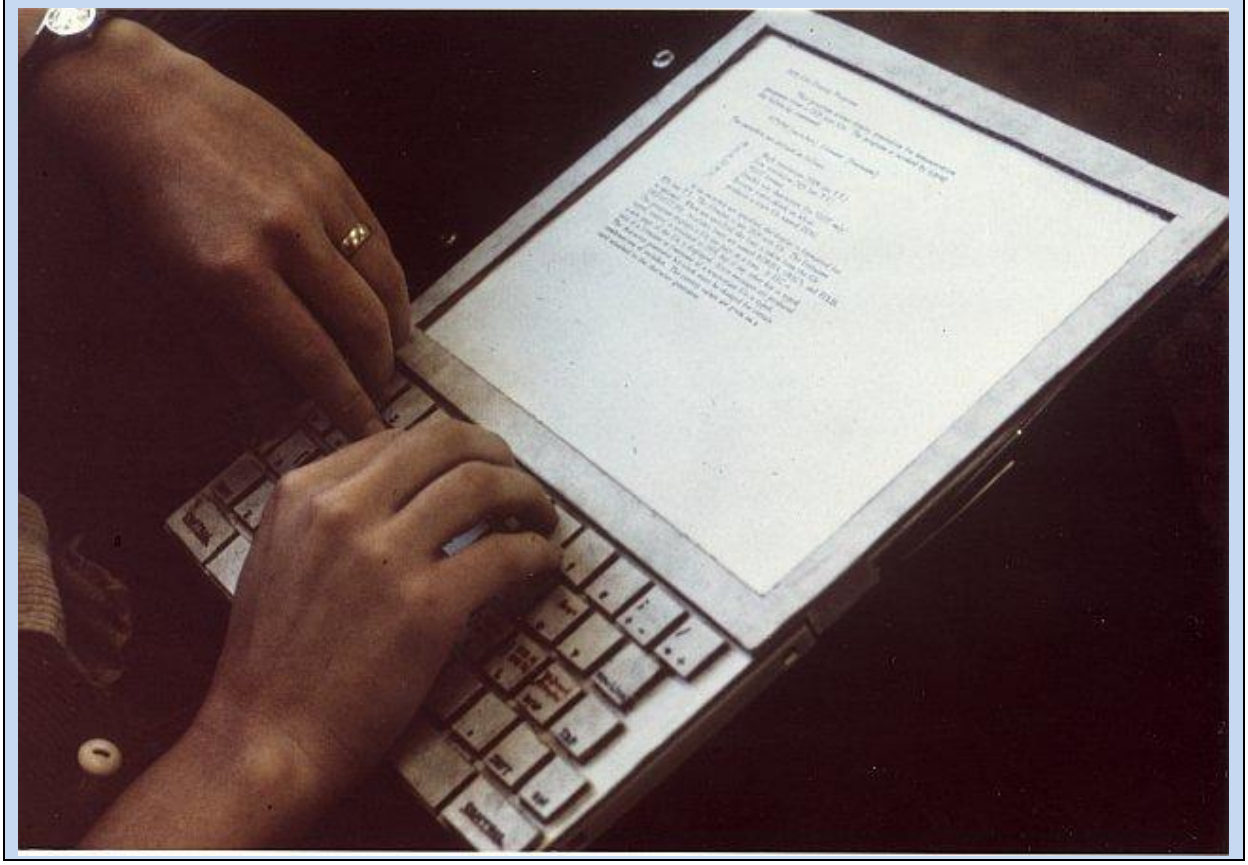
22. Hordozható számítógépek

A személyi számítógép megszületése után szinte azonnal felmerült az igény: jó lenne a számítógépet magunkkal vinni.

A Dynabook – a laptop és a tablet, mielőtt még létezett volna

1968-ban **Alan Kay** amerikai informatikus egy különös számítógépet kezdett elképzelni. Nem egy egész szobát elfoglaló berendezést, nem is íróasztalon álló terminált, hanem egy olyan személyes gépet, amelyet tulajdonosa **magával vihet, akár egy könyvet.**

Az elképzelés később a **Dynabook** nevet kapta. Kay az 1970-es évek elején, a Xerox PARC kutatójaként dolgozta ki részletesebben a koncepciót. Egy lapos, könnyű számítógépet képzelt el, amelynek saját kijelzője és billentyűzete van, akkumulátorról működik, és vezeték nélkül képes más számítógépekkel kommunikálni.



A Dynabook azonban több akart lenni egyszerűen hordozható számítógépnél. Kay elsősorban **személyes tudás- és alkotóeszköznek** szánta. Gyerekek és felnőttek olvashattak, írhattak, rajzolhattak, zenélhettek, programozhattak és tanulhattak volna rajta. A számítógép nem egy vállalat vagy intézmény berendezése lett volna, hanem az ember saját, állandó szellemi társa.

Az elképzelés évtizedekkel megelőzte a kor technikai lehetőségeit. A megfelelő teljesítményű processzorok, lapos kijelzők, nagy kapacitású akkumulátorok és vezeték nélküli hálózatok még nem álltak rendelkezésre. A Dynabook ezért ebben a formában soha nem készült el.

Mégis különös visszanézni Kay korabeli rajzaira és modelljeire. Amit az 1970-es évek elején futurisztikus számítógépnek képzelt el, abban ma már könnyű felismerni **a notebook, a tablet, sőt részben az okostelefon előképét**.

A Dynabook története arra is emlékeztet, hogy egy találmány története nem mindig az első működő példánnyal kezdődik. Néha valaki előbb elképzeli, **milyen lehetne a jövő számítógépe**, és a technikának még évtizedekre van szüksége ahhoz, hogy utolérje az elképzelést.

Alan Kay nem egyszerűen egy hordozható számítógépet képzelt el. Azt képzelte el, hogy egyszer minden embernek lehet saját, állandóan vele lévő számítógépe.

Ez azonban eleinte korántsem volt egyszerű. Az első személyi számítógépekhez külön monitor, billentyűzet és gyakran több lemezmeghajtó tartozott. Maga a számítógép sem volt könnyű, a korabeli képcsöves monitor pedig végképp nem tartozott a könnyen szállítható tárgyak közé.

A félvezetők fejlődése azonban egyre kisebb és kevesebb energiát fogyasztó áramköröket tett lehetővé. A számítógép először egy bőröndbe költözött, azután egy aktatáskába, később az ölünkbe, végül pedig a tenyerünkbe.

A hordozható számítógépek története ezért egyben a **miniatürizálás története** is. Közben azonban nemcsak a méret változott. Megváltozott az is, hogyan és mire használjuk a számítógépet.

„Mit jelent az, hogy hordozható?"

Nagyon szépen végig lehetne vezetni:

Osborne 1 → laptop → notebook → palmtop → PDA → tablet → okostelefon

A fejlődés lényege ugyanis nem egyszerűen az volt, hogy **egyre kisebb lett a számítógép**. Fokozatosan megváltozott az ember és a gép viszonya is:

„A számítógép először egy terem volt, aztán egy szekrény, majd egy íróasztalon álló gép. Később befért egy táskába, majd a tenyerünkbe. Végül olyan eszközzé vált, amelyet már szinte állandóan magunkkal hordunk."

22.1. Osborne

1981-ben jelent meg az **Osborne 1**, amelyet gyakran az első kereskedelmileg sikeres hordozható számítógépként említenek.

A „hordozható” szót azonban mai értelemben némi jóindulattal kell használni. Az Osborne 1 körülbelül 11 kilogrammot nyomott. Összecsukva egy testes varrógépre vagy kisebb bőröndre hasonlított. A billentyűzet egyben a gép előlapját és védőfedelét alkotta.

A gépben Zilog Z80 mikroprocesszor dolgozott, operációs rendszere a kor egyik legelterjedtebb rendszere, a CP/M volt. Két 5,25 hüvelykes hajlékonylemez-meghajtót és egy mindössze 5 hüvelykes beépített képernyőt kapott.

Ez a képernyő mai szemmel meghökkentően kicsi, de az Osborne igazi újdonsága nem valamelyik műszaki paramétere volt.

Egy teljes számítógépes munkahelyet össze lehetett csukni, és el lehetett vinni.

Ráadásul a géphez jelentős szoftvercsomagot mellékeltek. Ez fontos felismerés volt: a felhasználónak nem önmagában számítógépre van szüksége, hanem olyan rendszerre, amellyel rögtön dolgozni tud.

Az Osborne 1 sikere megmutatta, hogy létezik piac a hordozható számítógépekre.



Képaláírás: *Osborne 1 (1981). Közel 11 kilogrammos tömegével mai szemmel aligha neveznénk könnyűnek, mégis fontos lépés volt afelé, hogy a számítógép elhagyhassa az íróasztalt.*

22.2. Compaq

Az Osborne után hamarosan megjelent egy másik fontos hordozható gép, a **Compaq Portable**.



Képaláírás: *Compaq Portable (1983). Hordozható, IBM PC-kompatibilis számítógép. A Compaq sikere jelentősen hozzájárult a PC-kompatibilis világ kialakulásához.*

A Compaq vállalatot 1982-ben alapították, első számítógépük pedig már 1983-ban piacra került. Külsőre ez is inkább egy kisebb bőröndre emlékeztetett, és még az Osborne-nál is nehezebb volt.

Történelmi jelentőségét azonban nem elsősorban hordozhatósága adta.

A Compaq Portable **IBM PC-kompatibilis** számítógép volt.

Ez döntő különbségnek bizonyult. Az IBM PC-re készült programok jelentős része futott rajta, így a felhasználó nem egy elszigetelt gépet vásárolt, hanem belépett az egyre gyorsabban növekvő PC-s világba.

A Compaq ráadásul jogszerűen, saját fejlesztésű BIOS segítségével valósította meg a kompatibilitást. Sikere azt bizonyította, hogy az IBM által kialakított PC-architektúra már nem kizárólag az IBM-é.

A PC lassan **szabvánnyá** vált.

Ez az IBM számára kétélű siker volt. Megteremtette a személyi számítógépek egyik legsikeresebb rendszerét, ugyanakkor olyan piacot hozott létre, amelyet később már nem tudott ellenőrzése alatt tartani.

22.3. Laptop

A korai „portable” gépek valójában szállítható asztali számítógépek voltak. A következő lépés az volt, hogy a számítógép valóban használható legyen utazás közben, akár az ember ölében is.

Innen ered a **laptop** elnevezés is: *lap* – öl, *top* – rajta.

Ehhez több technológia egyidejű fejlődésére volt szükség. Kisebb fogyasztású processzorok, lapos kijelzők, kisméretű háttértárak és megfelelő akkumulátorok kellettek.

A korai laptopok között fontos helyet foglal el az 1982-ben bemutatott **GRiD Compass**. Felnyitható kialakítása már meglepően hasonlított a későbbi laptopokéra. Elektrolumineszcens kijelzőt használt, rendkívül drága volt, ezért elsősorban különleges professzionális és katonai feladatokra alkalmazták. A NASA is használt ilyen gépeket az űrrepüléseken.

Az 1985-ben megjelent **Toshiba T1100** már szélesebb felhasználói kör számára mutatta meg, milyen lehet a valóban hordozható PC.



Toshiba T1100

A laptop formája fokozatosan kialakult:

kijelző felül, billentyűzet és elektronika alul, a kettőt pedig egy zsanér kapcsolja össze.

Ez a konstrukció annyira jól bevált, hogy lényegében negyven évvel később is ugyanezt használjuk.



Képaláírás: *GRiD Compass. A felnyitható gép már a mai laptopok alapformáját mutatta. A rendkívül drága számítógépet többek között az amerikai űrprogramban is használták.*

22.4. Notebook

A laptopok további zsugorodásával megjelent a **notebook**, vagyis a jegyzetfüzet méretű számítógép.

A két elnevezés között soha nem alakult ki teljesen pontos műszaki határ. Eredetileg a notebook kisebb és könnyebb gépet jelentett, később azonban a laptop és notebook szavak gyakorlatilag egymás szinonimáivá váltak.

Az 1980-as évek végére már megjelentek azok a gépek, amelyek méretükben és kialakításukban valóban közel álltak a mai notebookokhoz. Az **NEC UltraLite** és a **Compaq LTE** fontos állomásai ennek a fejlődésnek.

A notebookok elterjedését a folyadékkristályos kijelzők fejlődése, a kisebb merevlemezek, az energiatakarékosabb processzorok és a javuló akkumulátorok tették lehetővé.

Az 1990-es évekre a hordozható számítógép már nem különlegesség volt. Megjelentek az üzletemberek aktatáskáiban, az egyetemeken, az újságíróknál és a mérnököknél.

Az **IBM ThinkPad** család az üzleti notebook egyik jelképévé vált. Jellegzetes fekete háza és a billentyűzet közepén elhelyezett piros TrackPoint mutatóeszköze könnyen felismerhetővé tette.

A számítógép végleg elszakadt az íróasztaltól.

A notebook már valóban személyes hordozható számítógép lett. Az 1980-as évek végére a gépek mérete és tömege tovább csökkent. Az NEC UltraLite és a Compaq LTE már közel állt ahhoz a formához, amelyet ma notebookként ismerünk.



Képaláírás: *IBM ThinkPad 700C (1992). A ThinkPad sorozat évtizedeken keresztül az üzleti hordozható számítógépek egyik legismertebb családja volt.*

22.5. Palmtop

Ha a notebook elfér egy aktatáskában, miért ne lehetne még kisebb?

Az 1980-as évek végén és az 1990-es évek elején megjelentek a **palmtopok**, vagyis a tenyérben tartható számítógépek.

Az egyik korai ismert típus az **Atari Portfolio** volt, amely 1989-ben jelent meg. Kis mérete ellenére a PC-világgal rokonságban álló számítógép volt, és DOS-hoz hasonló operációs rendszert használt.



Még érdekesebb példa az 1991-ben megjelent **HP 95LX.** Intel 8088-kompatibilis processzora és MS-DOS rendszere révén lényegében egy apró PC volt.



Képaláírás: *HP 95LX (1991). Egy MS-DOS-t futtató, PC-kompatibilis számítógép, amely már elfért az ember tenyerében.*

22.6. PDA

A palmtopok készítői megpróbálták egyre kisebb méretben megőrizni a hagyományos számítógépet. Hamarosan azonban felmerült egy másik gondolat:

Miért kellene egy tenyérnyi készüléknek úgy működnie, mint egy asztali PC-nek?

Ebből a felismerésből nőtt ki a PDA, a **Personal Digital Assistant**, vagyis személyes digitális asszisztens.

A PDA elsősorban nem általános célú számítógép kívánt lenni. Elektronikus naptár, címjegyzék, jegyzetfüzet, teendőlista és személyes adatbázis volt.

Az egyik legismertebb korai készülék az **Apple Newton MessagePad**, amely 1993-ban került piacra.

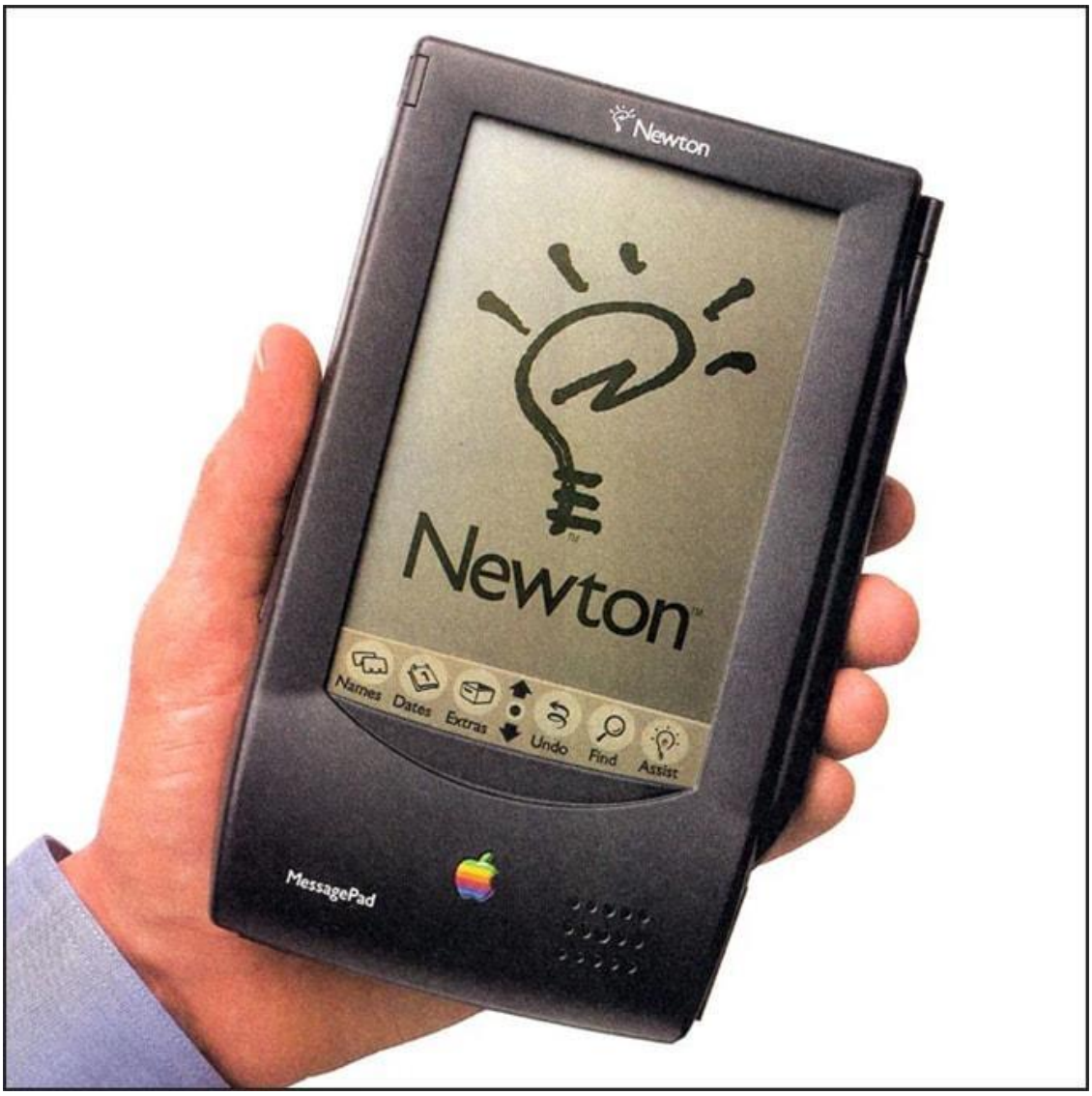
A Newton érintőképernyőjét tollal lehetett kezelni, és kézírás-felismeréssel is próbálkozott. A technológia azonban még nem volt kellően kiforrott, ezért a kézírás felismerése sokszor hibázott.

A Newton kereskedelmileg nem lett átütő siker, de elképzelései messze előremutattak.

Néhány évvel később a **PalmPilot** egyszerűbb és praktikusabb megoldással sokkal nagyobb sikert ért el. Nem próbált mindent tudni. Naptárat, címjegyzéket, jegyzeteket és néhány további alkalmazást kínált, adatait pedig össze lehetett hangolni a személyi számítógéppel.

A PDA-k világában már felismerhető az okostelefon közvetlen elődje.

Már csak egy fontos dolog hiányzott belőlük: **a telefon.**



Képaláírás: *Apple Newton MessagePad (1993). Tollal kezelhető érintőképernyője és kézírás-felismerése számos olyan elképzelést előrevetített, amely később az okostelefonokban vált mindennaposság.*



Képaláírás: *PalmPilot. Az egyszerűen kezelhető PDA-k milliók számára tették természetessé, hogy naptárukat, címlistájukat és jegyzeteiket digitális eszközön hordják magukkal.*

22.7. Tablet

A táblaszámítógép gondolata szintén jóval régebbi, mint ahogyan azt az iPad sikere alapján gondolhatnánk.

A hagyományos számítógép egyik legnagyobb helyigényű alkatrésze a billentyűzet. Ha ezt elhagyjuk, és a képernyő egyben beviteli eszközzé válik, a gép lényegében egyetlen lapos táblává alakítható.

A **GRiDPad** már 1989-ben ezt az elképzelést követte. Érintésre, illetve tollal kezelhető kijelzője elsősorban professzionális feladatokra tette alkalmassá.

A Microsoft is hosszú ideig próbálkozott a táblaszámítógéppel. A 2000-es évek elején megjelent **Tablet PC** koncepció több gyártó tollal kezelhető Windows-számítógépeiben öltött testet.

A technika tehát rendelkezésre állt.

A nagy áttörés mégsem következett be.

A korai tabletek gyakran drágák és nehezek voltak, akkumulátoruk viszonylag rövid ideig működött, a Windows kezelőfelületét pedig eredetileg egérhez és billentyűzethez tervezték. Egy apró menüpontot ujjal megérinteni egészen más feladat, mint egérmutatóval rákattintani.

A döntő változást nem pusztán egy jobb számítógép, hanem **egy másfajta kezelési mód** hozta.

2010-ben az Apple bemutatta az **iPadet.**

Az iPad nem az első tablet volt. Még csak nem is az első érintőképernyős táblaszámítógép.

A jelentősége abban állt, hogy a korábban már létező technológiákat olyan egységes rendszerbe foglalta, amelyet különösebb tanulás nélkül lehetett használni. A többérintéses képernyő, az ujjal történő vezérlés, az alkalmazások egyszerű telepítése és a hosszú akkumulátoros üzemidő együtt tették sikeressé.

A tablet ezzel tömegtermékké vált.

Különös fordulat történt. Évtizedeken keresztül azért fejlesztették a számítógépet, hogy egyre kisebb legyen a billentyűzete és a gépháza.

Végül mindkettő eltűnt.

A számítógépből szinte csak a képernyő maradt.



Képaláírás: *GRiDPad (1989). A tollal kezelhető táblaszámítógép bizonyítja, hogy a tablet elképzelése évtizedekkel az iPad előtt megszületett.*



Képaláírás: *Apple iPad (2010). Nem az első táblaszámítógép volt, hanem az a készülék, amely a tabletet széles körben használt tömegtermékké tette.*

Mit jelent az, hogy hordozható?

A „hordozható számítógép” jelentése negyven év alatt alaposan megváltozott.

Az Osborne 1-et 1981-ben hordozhatónak nevezték, pedig közel 11 kilogrammot nyomott. A következő nemzedék már elfért az ölünkben, innen származott a **laptop** elnevezés. A kisebb és könnyebb gépeket **notebooknak**, a tenyérben elférő számítógépeket pedig **palmtopnak** nevezték.

A PDA-val már maga az elképzelés is megváltozott. Nem egy miniatűr asztali számítógépet próbáltak létrehozni, hanem olyan digitális eszközt, amelyet eleve mobil használatra terveztek.

A tabletből pedig még a fizikai billentyűzet is eltűnt.

A fejlődés iránya jól látható:

asztali számítógép → hordozható gép → laptop → notebook → palmtop → PDA → tablet

De a történet itt még nem ér véget.

A PDA és a mobiltelefon találkozásából hamarosan megszületik az az eszköz, amelyből ma több milliárd ember hord egyet a zsebében: **az okostelefon.**

23. A számítógép beköltözik a telefonba

A számítógép és a telefon története sokáig egymástól függetlenül haladt.

A számítógép számolt, adatokat dolgozott fel és programokat futtatott. A telefon beszédet továbbított két ember között. Az egyik egyre kisebb lett, a másik pedig megszabadult a vezetéktől.

Aztán a két fejlődési vonal találkozott.

A mobiltelefon digitálissá vált, kijelzőt és memóriát kapott, majd megjelentek benne a számítógépekre jellemző funkciók. Eközben a PDA-k egyre több kommunikációs lehetőséget kaptak.

Végül már értelmetlenné vált eldönteni, hogy amit a kezünkben tartunk, **telefon-e vagy számítógép**.

Megszületett az okostelefon.

23.1. Mobiltelefon

A vezeték nélküli telefon gondolata jóval a mai mobiltelefonok előtt megszületett. A rádiótechnika lehetővé tette, hogy mozgó járművekből is telefonáljanak, de a korai rendszerek nagyok, drágák és korlátozott kapacitásúak voltak.

A döntő ötlet a **cellás hálózat** volt.

A kiszolgált területet kisebb körzetekre – cellákra – osztották, amelyek saját bázisállomással rendelkeztek. Ugyanazokat a frekvenciákat egymástól megfelelő távolságban újra lehetett használni, a mozgó előfizető hívását pedig a rendszer egyik cellából a másikba adhatta át.

Ezzel lehetővé vált nagyszámú mobiltelefon egyidejű használata.

1973-ban a Motorola mérnöke, **Martin Cooper** egy kézben tartható mobiltelefon prototípusával hajtott végre nevezetes nyilvános hívást. A kereskedelmi forgalomban kapható kézi mobiltelefonokra azonban még éveket kellett várni. A Motorola DynaTAC 8000X 1983-ban kapott amerikai engedélyt, és 1984-ben került piacra.

A készülék mai szemmel hatalmas volt. Tömege közel egy kilogramm, beszélgetési ideje nagyjából fél óra volt, ára pedig több ezer dollár.

Mégis forradalmi változást képviselt.

A telefon többé nem egy helyhez, hanem egy emberhez tartozott.



Képaláírás: *Motorola DynaTAC 8000X. A korai kézi mobiltelefon még közel egy kilogrammot nyomott, de már magában hordozta a telefonálás egyik legnagyobb változását: a készülék többé nem egy helyhez kötődött.*

A következő nagy változást a digitális mobilhálózatok hozták. Európában különösen jelentős lett a **GSM**, amelynek kereskedelmi szolgáltatása 1991-ben indult.

A digitális technika nemcsak jobb hálózati kihasználást tett lehetővé. Megjelent az SMS, fejlődött az adatátvitel, a mobiltelefon pedig fokozatosan digitális kommunikációs eszközzé alakult.

23.2. PDA és telefon találkozása

Az előző fejezetben láttuk, hogy a PDA-k már számos számítógépes feladatot átvettek. Naptárt, címjegyzéket, jegyzeteket és programokat tároltak, érintőképernyővel rendelkeztek, és számítógéppel lehetett őket szinkronizálni.

Csak éppen telefonálni nem lehetett velük.

A mobiltelefonok eközben egyre intelligensebbé váltak. Kijelzőjük volt, telefonszámokat tároltak, üzeneteket kezeltek, órát, ébresztőt, majd naptárt és egyszerű játékokat tartalmaztak.

A két készüléktípus tehát egyre közeledett egymáshoz.

1994-ben került piacra az **IBM Simon Personal Communicator**, amelyet gyakran az első okostelefonként említenek, bár maga a „smartphone” elnevezés csak később terjedt el.

A Simon mobiltelefon, érintőképernyős számítógép és elektronikus szervező egyetlen készülékben volt. Lehetett vele telefonálni, faxot küldeni, címjegyzéket és naptárt kezelni, jegyzeteket készíteni.

Mai szemmel vaskos és kezdetleges készüléknek tűnik.

Az alapgondolat azonban már teljes egészében jelen volt:

telefon + számítógép = egyetlen személyes kommunikációs eszköz.



Képaláírás: *IBM Simon Personal Communicator (1994). Telefon, érintőképernyős számítógép és személyes szervező egy készülékben. Gyakran az első okostelefonként említik.*

A következő években több gyártó indult el ezen az úton. A Nokia Communicator sorozata például kinyitva apró számítógépre emlékeztetett: kijelzővel és teljes billentyűzettel rendelkezett.

A PDA-k világából pedig a Palm és később a BlackBerry készülékei vezettek tovább az állandó mobil adatkapcsolat felé.

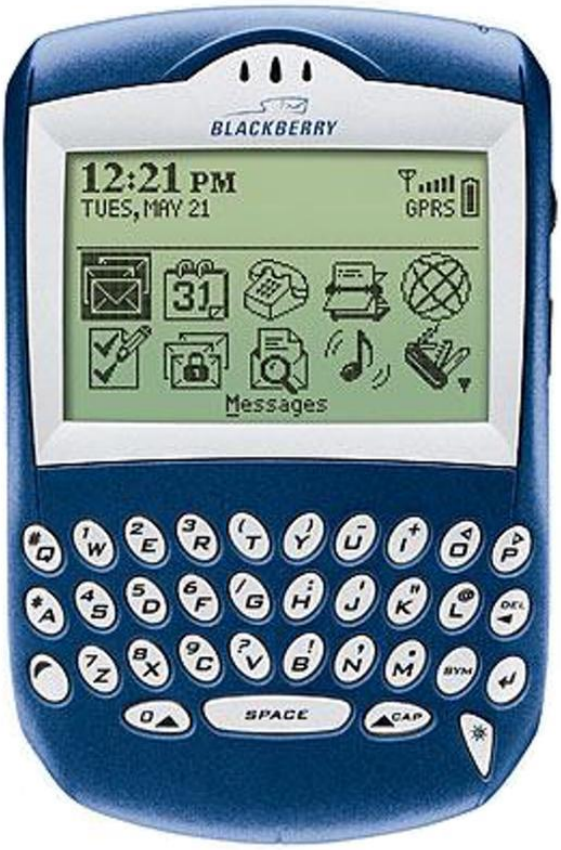
23.3. Smartphone

A „smartphone”, vagyis **okostelefon** fogalmának nincs olyan pontos műszaki meghatározása, amely egyetlen pillanatban választaná el a hagyományos mobiltelefontól.

A változás fokozatos volt.

A telefonok egyre több memóriát, egyre erősebb processzort és fejlettebb operációs rendszert kaptak. Lehetővé vált programok telepítése, az elektronikus levelezés, majd az internet használata.

A Nokia és más gyártók számos készüléke a **Symbian** operációs rendszert használta. Az üzleti életben különösen sikeresek lettek a **BlackBerry** készülékek, amelyek egyik fő vonzereje a mobil elektronikus levelezés volt.



Az okostelefon azonban még mindig elsősorban **telefon volt, amely számítógépes szolgáltatásokat is kínált**.

Ez hamarosan megfordult.

A készülék központi eleme egyre inkább a kijelző és az operációs rendszer lett. A telefonálás pedig csak egy funkcióvá vált a sok közül.



Képaláírás: *Nokia Communicator. A készülék kívülről mobiltelefonnak, kinyitva azonban apró számítógépnek látszott. Jól szemlélteti a telefon és a PDA fokozatos összeolvadását.*

23.4. iPhone és Android

2007-ben az Apple bemutatta az **iPhone-t**.

Nem ez volt az első okostelefon. Érintőképernyős telefon is létezett korábban, és internetelérésre alkalmas mobilkészülékekből sem az iPhone volt az első.

Jelentősége abban állt, hogy az addig különálló technológiákat egységes, egyszerűen használható rendszerbe szervezte.

A készülék előlapját szinte teljes egészében a kijelző foglalta el. A fizikai billentyűzet eltűnt, helyét a képernyőn megjelenő virtuális billentyűzet vette át.

A többérintéses, **multitouch** kezelőfelület lehetővé tette, hogy a felhasználó közvetlenül az ujjaival mozgassa és nagyítsa a képernyő tartalmát.

A kezelési mód természetesebbé vált.



Képaláírás: *Az első Apple iPhone (2007). Nem az első okostelefon volt, de alapvetően megváltoztatta azt, ahogyan az okostelefonról gondolkodunk.*

2008-ban megjelent az **App Store**. Ettől kezdve a felhasználók egyszerűen tölthettek le új alkalmazásokat.

Ez legalább akkora változás volt, mint maga a készülék.

A telefon képességeit többé nem kizárólag a gyártó határozta meg. Külső fejlesztők milliói készíthettek hozzá programokat.

Ugyancsak 2008-ban jelent meg az első kereskedelmi **Android** telefon, a HTC Dream, más néven T-Mobile G1.

Az Android mögött álló Google más üzleti modellt követett, mint az Apple. Az operációs rendszert számos gyártó használhatta, így rövid idő alatt rengeteg különféle Android-készülék jelent meg.

Kialakult a két meghatározó okostelefonos ökoszisztéma:

Apple iOS és Google Android.

A verseny azóta is meghatározza az okostelefonok világát.



Képaláírás: *HTC Dream / T-Mobile G1 (2008). Az első kereskedelmi forgalomba került Android-alapú okostelefon. Még fizikai billentyűzettel is rendelkezett.*

23.5. System on a Chip

Az okostelefon egyik legérdekesebb műszaki sajátossága kívülről egyáltalán nem látható.

A hagyományos személyi számítógépben számos különálló áramkör végzi a különböző feladatokat. A mobilkészülékben azonban kevés a hely, és különösen fontos az alacsony energiafogyasztás.

Ez vezetett a **System on a Chip**, röviden **SoC** megoldások elterjedéséhez.

A kifejezés jelentése:

„rendszer egyetlen chipen”.

Egy modern SoC nem egyszerűen mikroprocesszor. Egyetlen félvezető lapkán vagy szorosan integrált rendszerben megtalálható a központi processzor több magja, a grafikus feldolgozóegység, memóriavezérlők, képfeldolgozó egységek, biztonsági áramkörök és számos más vezérlő.

Az újabb rendszerek külön egységeket tartalmaznak a mesterséges intelligenciához szükséges számítások gyorsítására is.

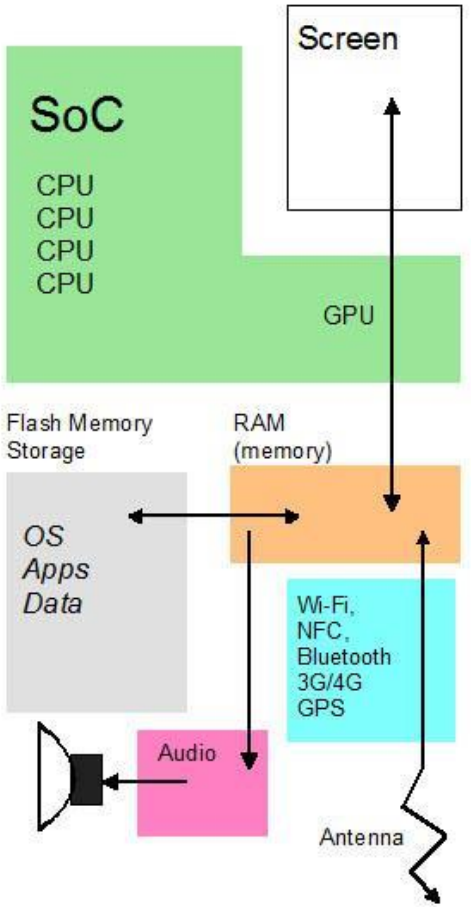
A számítógép korábban egy egész szobát foglalt el.

Később egy szekrényt.

Majd egy asztalt.

Végül jelentős része **egyetlen körömnyi lapkára került**.

A SoC tette lehetővé, hogy nagy számítási teljesítmény férjen el egy vékony telefonban úgy, hogy az akkumulátor órákon keresztül működtethesse.



Képaláírás: *Modern System on a Chip. A központi processzor, grafikus egység és számos további számítógépes funkció egyetlen rendkívül összetett félvezető rendszerben egyesül.*

23.6. A zsebünkben hordott szuperszámítógép

Ha egy mai okostelefont pusztán telefonként vizsgálunk, szinte érthetetlenül túlméretezett szerkezetnek tűnik.

Miért van szükség egy telefonban több processzormagra, több gigabájt memóriára és hatalmas adattároló kapacitásra?

Azért, mert valójában már régen nem telefon.

Az okostelefon egyszerre:

telefon, fényképezőgép, videokamera, magnetofon, zenelejátszó, rádió, televízió, térkép, GPS-navigátor, számológép, óra, ébresztőóra, naptár, jegyzetfüzet, könyvtár, újság, levelezőrendszer, internetes terminál, banki eszköz, játékautomata és számítógép.

Sőt, egyre gyakrabban mesterségesintelligencia-feladatokat is helyben végez.

Mindezt egyetlen, néhány száz grammos készülékben.

A változás azonban még ennél is mélyebb.

A személyi számítógép korszakában azt mondtuk:

minden embernek lehet saját számítógépe.

Az okostelefon korszakában már azt mondhatjuk:

minden ember magával hordhatja a számítógépét.

És ezzel a számítástechnika történetének egy hosszú szakasza bezárul.



Képaláírás:

Egy modern okostelefon belseje. Több processzormag, grafikus gyorsító, több gigabájt memória, nagy kapacitású háttértár, kamerák, műholdas helymeghatározás és számos érzékelő fér el néhány milliméter vastag készülékben. A számítógép már nem egyszerűen hordozhatóvá vált: szinte észrevétlenül velünk él.

Az ember évezredeken át különféle eszközöket készített, hogy segítsék a számolásban. Kavicsokat rakosgatott, rovásokat vésett, abakuszt használt. Fogaskerekeket épített, lyukkártyákat lyukasztott, reléket kapcsolgatott, elektroncsöveket és tranzisztorokat kötött össze.

A számológépből számítógép lett.

A számítógép egyre kisebb lett.

Végül beköltözött a zsebünkbe.

Erősebb-e az okostelefonunk az ENIAC-nál?

Igen. Nem is kicsit.

Az 1945-ben elkészült ENIAC korának elképesztő teljesítményű elektronikus számítógépe volt. Mintegy 18 000 elektroncsövet tartalmazott, több tíz tonnát nyomott, nagyjából egy kisebb lakásnyi területet foglalt el, és teljesítményfelvétele nagyságrendileg 150 kilowatt volt.

Másodpercenként körülbelül **5000 összeadást** tudott elvégezni.

Egy mai okostelefon processzora ezzel szemben másodpercenként **milliárdnyi műveletet** képes végrehajtani, speciális grafikus és mesterségesintelligencia-egységeinek teljesítménye pedig bizonyos műveleteknél ennél is sokkal nagyobb lehet.

A két gép teljesítményét természetesen nem lehet egyszerűen egyetlen számmal összehasonlítani. Más számábrázolást, más utasításokat és teljesen eltérő architektúrát használnak.

A nagyságrendi különbség azonban vitathatatlan.

Az ENIAC egy egész termet töltött meg, és hatalmas mennyiségű villamos energiát fogyasztott.

Egy mai okostelefon elfér a tenyerünkben, akkumulátorról működik, és olyan számítási teljesítményt nyújt, amely az elektronikus számítástechnika úttörői számára szinte elképzelhetetlen lett volna.

És van még egy lényeges különbség.

Az ENIAC-ból **egyetlen gép** létezett.

Okostelefonból **milliárdnyi** van az emberek kezében.

Talán ez a számítástechnika történetének legnagyobb forradalma: nem egyszerűen az történt, hogy a számítógép elképesztően erős és kicsi lett, **hanem az, hogy szinte mindenki számára hozzáférhetővé vált.**





Képaláírás:

ENIAC és okostelefon – nyolc évtized fejlődése. Az ENIAC egy egész termet foglalt el, mintegy 30 tonnát nyomott és nagyjából 18 000 elektroncsövet tartalmazott. Egy mai okostelefon processzorában ezzel szemben több milliárd tranzisztor dolgozik, miközben a teljes készülék elfér a tenyerünkben.

A történetet az ujjainkkal kezdtük.

Azután kavicsokkal, rovásokkal és számolóeszközökkel próbáltuk kiterjeszteni saját képességeinket. Mechanikus gépeket építettünk, majd megtanítottuk az elektromosságot, később az elektronikát számolni. Megszületett a programozható számítógép, a tranzisztor, az integrált áramkör és a mikroprocesszor.

A számítógép előbb intézményeké, majd vállalatoké, később családoké és végül egyes embereké lett.

Közben egyre kisebb lett:

terem → szekrény → asztal → táska → tenyér → zseb.

De miközben a gép mérete csökkent, egy másik folyamat éppen ellenkező irányban haladt.

A számítógépek képességei egyre nagyobbak lettek.

És itt érdemes egy pillanatra megállnunk.

Mert a történet következő szakaszában már nem elsősorban az lesz a kérdés, hogy **mekkora a számítógép**, hanem az, hogy **mire képes**.

A gépek összekapcsolódnak, egyre több adatot dolgoznak fel, tanulni kezdenek, és olyan problémák megoldására vállalkoznak, amelyekhez a hagyományos számítógépek már nem elegendők.

A számolás története tehát nem ért véget.

Csak eljutottunk attól a pillanattól, amikor az ember az ujjain számolt, addig, amikor egy nála milliárdszor gyorsabban számoló gépet hord a zsebében.



A második kötetben felemeljük a gép tetejét és belenézünk ☺



ÖTEZER ÉV GONDOLKODÁS, HOGY A KEZÜNKBEN TARTHASSUK A JÖVŐT.

Az informatika története az emberiség története. A számolás iránti vágytól a legújabb technológiákig vezető út a kíváncsiság, a kreativitás és a kitartás lenyűgöző története.

Ez a könyv végigkíséri az utat a kavicsoktól és rovásoktól a fejünkben hordott számítógépekig – az ötletektől és feltalálóktól a gépekig és hálózatokig, amelyek ma összekötik a világot.

Ismerd meg a múltat,
értsd meg a jelent, és képzeld el a jövőt!

ŐSKOR
A számolás kezdetei

ŐKOR
Az első eszközök

ŐKOR
Mechanikus megoldások

1700–1800
Gépi számológépek

1900–1940
Elektromechanikus gépek
és az elektroncsövek

1940–1960
Az első elektronikus számítógépek

1960–1980
Integrált áramkörök
és miniszámítógépek

1980–2000
Személyi számítógépek és az Internet

2000–NAPJAINKIG
Mobilitás, felhő, mesterséges intelligencia
és a kvantum korszak hajnala

ISBN 978-615-01-2344-9
9 786150 123449