

1. A Neumann-elvű számítógép felépítése

1.1. A leckében szereplő ismeretek

A Neumann-elvű számítógépek felépítése

Központi egységek, bemeneti és kimeneti egységek, a periféria fogalma. A CPU és a memória elvi működése.

1.2. Neumann János¹

Neumann János 1903. december 28-án született Neumann Miksa, Pécsről származó ügyvéd és Kann Margit első gyermekeként Budapesten. Később két öccse született: Mihály és Miklós. Apja a Magyar Jelzálog- és Hitelbank főjogtanácsosa majd igazgatója volt. Anyja a háztartást vezette és fiai nevelésével foglalkozott.

Neumann Mikso 1913-ban nemesi címet kapott és felvette a *margittai* előnevet, így a család minden tagja jogosulttá vált annak használatára. János így ettől kezdve hivatalosan margittai Neumann János lett, majd később a külföldi tartózkodása során először Johann von Neumann, majd John von Neumann néven szerepelt, ez utóbbi néven lett világszerte ismert.

A család anyagi lehetőségeinek is köszönhetően a Neumann gyerekek inger-gazdag szellemi légkörben nevelkedhettek. Már fiatalon megtanultak németül és franciául is nevelőnőiktől. A családnál magyar is külföldi vendégek is gyakran megfordultak, így többek között Ortway Rudolf, a budapest tudományegyetem elméleti fizikai intézetének igazgatója vagy Fejér Lipót matematikaprofesszor.

Neumann János már korán a kortársainál jobb képességekről tett tanúbizonyságot. Magyar anyanyelven, a francia és német nyelvek mellett tanulta a latin és az ógörög nyelvet is. Fotografikus emlékezőtehetsége volt, és fejszámolásban is rendkívüli eredményeket mutatott fel. Ez utóbbi képessége felnőttkorára szinte a védjegyévé vált: Legenda járta, hogy a korai elektronikus számológépek számításait ő maga ellenőrizte fejben a gépekével azonos sebességgel számolva.

1935-ben első feleségétől, Kövesi Mariettától megszületett Marina nevű lánya, aki ma híres közgazdász Amerikában (Marina von Neumann Whitman), 1938-ban nősült másodszor, Dán Klárát vette feleségül ekkor.



1. Ábra: Neumann János az 1940-es években

1.2.1. Iskolái és tudományos pályája

Neumann János már tíz éves kora előtt csodagyerekeknek számított, majd 1913-ban szülei beírták a híres fasori evangélikus gimnáziumba – hivatalos nevén: Ágostai Hitvallású Evangélikus Főgimná-

¹ Az itt szereplő életrajzi adatok internetes forrásokból származnak. A felhasznált internetes források: <http://njszt.hu/neumann/az-njszt-rol/neumann-janos-eletrajza> és http://hu.wikipedia.org/wiki/Neumann_J%C3%A1nos. Amennyiben valaki hibát talál a leírtakban, kérem jelezze a sir01g@gmail.com címen.

ziúm. Ebbe az iskolába járt a később Nobel-díjat szerző Wigner Jenő (1963, fizikai) és Harsányi János (1994, közgazdasági) is, ahol mindhárman Rátz László tanár úrtól tanulták meg a matematikát.

1921-ben Neumann János beiratkozott a budapesti tudományegyetem matematika szakára. Egyetem évei alatt sokat tartózkodott Berlinben, ahol Fritz Habertnél kémiát, Albert Einsteinnél statisztikus mechanikát és Erhardt Schmidtnél matematikát hallgatott. Berlinben szorosra fűzte a kapcsolatot Wignerrel, Szilárd Leóval és Gábor Dénessel. Apja kívánságára Neumann 1923-ban Zürichbe ment, hogy a zürichi Szövetségi Műszaki Egyetemen vegyészetet tanuljon. Vegyészmérnöki diplomáját 1925-ben szerezte, matematikából pedig egy évvel később doktorált Budapesten.

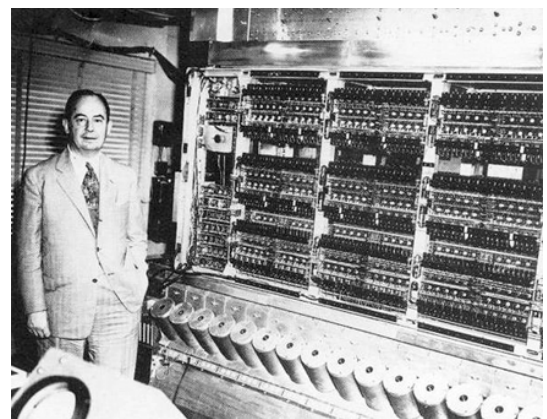
Doktori disszertációjának címe *Az általános halmazelmélet axiomatikus felépítése* volt. 1926. március 13-án fogadták doktorrá. 1924-ben a zürichi Eigenössische Technische Hochschulén folytatta tanulmányait. 1926 októberében szerezte meg vegyészmérnöki diplomáját. Ezután Göttingenbe, a német matematika fellegrárába ment, ahol David Hilberttel dolgozott együtt. Itt tartotta meg első előadását 1926. december 7-én a társasjátékok elméletéről. 1927 áprilisában kért tanítási engedélyt a Friedrich Wilhelm Egyetemen, és december 13-án elfoglalhatta helyét az egyetem tanária között.

Kezdetben behatóan foglalkozott kvantumelmélettel és a matematika alapjaival, a halmazelmélettel és matematikai logikával. Tőle származik a halmazelmélet egzakt megalapozása. Jelentős eredményeket ért el az ergoelméletben és kifejlesztette a „folytonos geometria” elméletet is. Az ő nevéhez fűződik a játékelmélet megteremtése (minimax elv, 1928), melyet Morgensternnel készített el. Az elméletet az USA nemzeti játéka, a póker elsajátítása, a játék általános elmélete alapján fogalmazták meg. A koreai háború idején például ennek az elméletnek a kiértékelése volt az oka, hogy az USA nem támadta meg Kínát.

1929-ben a Princeton University meghívta vendégprofesszornak. 1930 és 1933 között félélévenként Amerikában, félélévenként Európában tanított. Végül, amikor Németországban hatalomra jutott a fasizmus, letelepedett az Egyesült Államokban, ahol az Institute for Advanced Study tagja lett. 1937-ben kapta meg az amerikai állampolgárságot. Ekkor már elkerülhetetlennek látszott a világháború, ezért bekapcsolódott a nácizmus elleni katonai előkészületekbe. Részt vett az atomenergia kutatásában és háborús felhasználásában, majd a békés energiatermelés szolgálatába állításának irányításában is. Rendszeresen járt Los Alamosba, ahol részt vett az első atombomba megépítésével kapcsolatos titkos programban (Manhattan-program), egészen pontosan a bomba előállításával kapcsolatos elméleti munkában.

Az 1930-as évek végétől érdeklődése egyre jobban az alkalmazott matematikai problémák felé fordult. Az atom-hidrogén bomba kísérleti robbantásoknál, az ott keletkező lökéshullámok tanulmányozásánál olyan bonyolult matematikai összefüggésekhez jutott, amelyek a klasszikus módszerekkel már nem voltak megoldhatók. Ekkor fordult érdeklődése a nagy sebességű elektronikus számítások lehetősége felé.

1945-től 1957-ig a princetoni Elektronikus Számítógép projekt igazgatója volt. Ekkor már az emberi agy, valamint az idegrendszer működését utánozó gépek költöttek le figyelmét. 1944-ben a pennsylvaniai egyetemen meghatározó módon járult hozzá az akkor elsőnek tekintett teljesen elektronikus, digitális számítógép, az ENIAC megépítéséhez, amely 1945-ban – más források szerint 1946-ban – készült el teljesen. Az ennek kapcsán összegyűlt tapasztalatai alapján írta meg a *First Draft of a Report on the EDVAC* című művében megállapításait, amit mind a mai napig a számítógépek működésének



2. Ábra: Neumann az IAS előtt (forrás: Wikipédia)

alapjait jelentő elvekként, *Neumann-elvek* vagy inkább helyesebben *Neumann-elv* néven emlegetünk (lásd később).

1945-ben a cambridge-i egyetemen elkészült az első elektronikus, tárolt programú számítógép, az EDSAC, amely már a Neumann-elv alapján működött. A számítógép működéséhez a biológiát hívta segítségül: az emberi agy feladatmegoldásainak mintájára megalkotta az *algoritmust*, s az agyat vette alapul a számítógépben való számítások elvégzésének megvalósításához.

Az Amerikai társaság elnöke lett 1951-1954 között. Megkapta az Egyesült Államok Érdemérmét 1954-ben, amiért munkájával újtára indította a 20. század második felének informatikai forradalmát. 1955-ben az öttagú Atomenergia Bizottság tagjává nevezték ki, amely akkor a legmagasabb szintű kormány megbízásnak számított egy tudós számára.

Hátralévő éveiben súlyos rákbetegségben szenvedett, amelyet az atombomba kutatásának éveiben szerzett sugárfertőzés okozott. Utolsó művét 1956-ban szintén a számítógépekről írta. 1957. február 8-án halt meg Washingtonban, az Amerikai Egyesült Államokban.

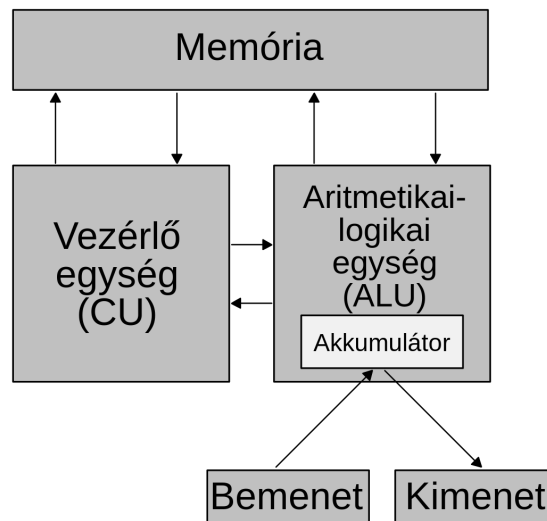
1.3. A Neumann-elv

Sokat lehetne vitatkozni arról, hogy a fenti cím vajon helyes-e vagy inkább többes számban kellene írni (Neumann-elvek). Általában többes számban szokás emlegetni. Itt mégis egyes számban szerepel, mert valójában nem egymástól független elvek együtteséről van szó, hanem egy több pontba foglalt elvről, amelynek együtt van csak értelme. De inkább lássuk, mi is ez a Neumann-elv!

A Neumann János által megfogalmazottak szerint (amely eredetileg a *First Draft of a Report on the Edvac* című műben szerepelt) a számítógépnek a következőket figyelembe véve kell működnie:

1. A számítógép legyen teljesen elektronikus működésű.
2. Az adatokat és az utasításokat binárisan (tehát kettes számrendszerben) kódolva tárolja és dolgozza fel. Mindehhez egy belső, elektronikus és közvetlenül címezhető memóriát használjon.
3. Az adatok és az utasítások tárolására ugyanaz a memória szolgáljon, amelyben az adatok és az utasítások megkülönböztetése csak a felhasználásuk módján múljon. (Ez a kitétel főleg eleinte nagyon hasznos volt, amikor adatként kezelve az utasítást, azt maga a program módosíthatta. Manapság ugyan még mindig egy memóriában van az adat és az utasítás, de szigorúan elkülönítve, elkerülendő a program módosításából eredő kockázatokat.)
4. Az utasítások végrehajtásán keresztül a számítógép működését a Központi Vezérlő Egység végezze.
5. A matematikai és a logikai műveletek végrehajtását (kettes számrendszerben) egy Aritmetikai-Logikai Egységre kell bízni, amely általánosan minden műveletre alkalmas. (A mai számítógépekben sokszor a működést specializálódott egységek gyorsíthatják.)
6. A számítógépnek legyen kimeneti és bemeneti egysége a kiinduló adatok és a programkód megadására, illetve az eredmény kijelzésére.
7. A számítógép legyen univerzális, azaz minden feladatra a felépítés módosítása nélkül, csak a végrehajtandó programkód megváltoztatásával legyen alkalmas.

A fentieket ahány helyen találkozunk vele, annyiféleképpen szokták megfogalmazni, az egyes megfogalmazások lényege ugyanaz. Ezért nincs értelme arról beszélni, hogy hány Neumann-elv is van, hiszen a fentiek együtt alkotják a Neumann-elvet.

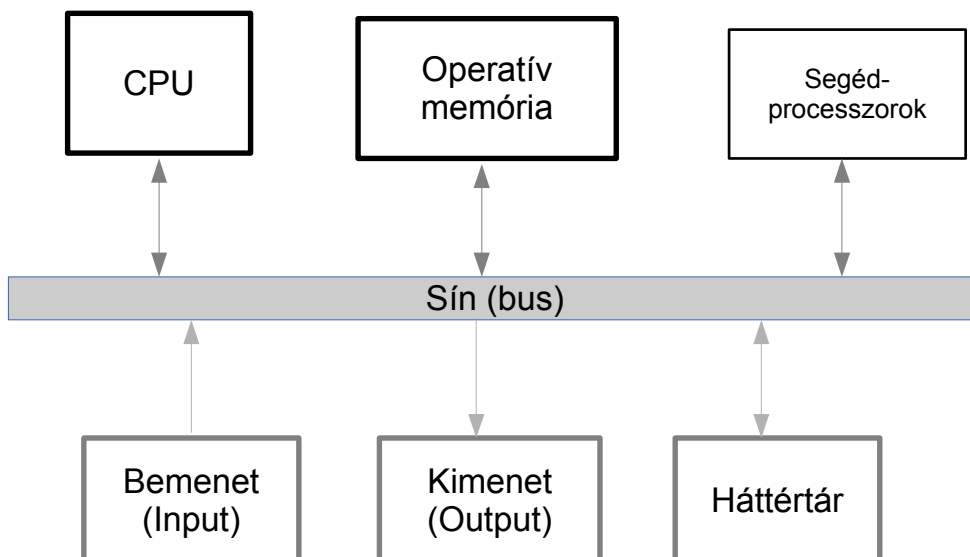


3. Ábra: A Neumann-féle számítógép felépítése

1.4. A Neumann-elvű számítógép felépítése

A mai Neumann-elvű számítógépek felépítése már valamelyest eltér az eredeti Neumann-féle felépítéstől, ahogyan az a 4. ábrán is látható.

Ahogy az ábrán is látható, a vezérlő egység és az aritmetikai egység eltűnt, helyettük megjelent a CPU nevű egység. Emellett minden egységet egy *sín*, vagy angolul *bus* nevű valami köt össze. A memória megmaradt, mint a sok sínre kapcsolódó elem egyike.



4. Ábra: A Neumann-elvű számítógépek elvi felépítése

Valójában az aritmetikai egység és a vezérlő egység nem tűnt el, csupán egy csipre került és új nevet kapott: **CPU** (a következő lecke fog ezzel részletesen foglalkozni). A CPU a sínen keresztül kapja a program utasításait a memóriától, az adatok szintén ezen a sínen keresztül utaznak az egyes egységek között.

Még két új elem jelent meg, amelyek közül az egyikkel többet is fogunk a későbbiekben foglalkozni. Ez a *háttértár*, amelynek célja az adatok eltárolása, amíg a számítógép nem működik. Erre azért van szükség, mert az operatív memória általában olyan felépítésű, amely áramellátás nélkül nem képes a tartalmát megőrizni. A háttértár azonban képes hosszú időre raktározni adatokat és programokat egyaránt, hogy onnan azok betölthetők legyenek a memóriába. Ez egyfajta egyszerre bemeneti és kimeneti egységként is funkcionáló elem.

Mielőtt a másik új elemre is kitérnénk, kicsit nézzük meg, hogyan is működik ezek alapján a számítógép!

Valójában a következő folyamat ismétlődik a számítógép működése során:

1. A CPU elküldi a sínen az operatív memóriának a következő végrehajtandó utasítás memóriabeli címét.
2. Erre a memória válaszul elküldi azt az értéket, ami azon a címen található.
3. Ezt a CPU-ban levő Vezérlő Egység dekódolja.
4. Az utasításkódtól függően esetleg újabb adatokat kér a memóriától a CPU az első két lépésben megadott módon, amelyek további paraméterekkel szolgálnak a végrehajtandó utasításhoz.
5. A CPU végrehajtja az utasítást. Ennek során lehet, hogy csak a CPU dolgozik, de lehet, hogy újabb adatot kér a memóriából valahonnan, vagy adatot küld a memóriába, esetleg egy másik egységnek küld vezérlőjeleket, illetve adatokat.
6. Ezután növeli az *utasításszámláló* értékét annyival, ahány byte az utasítás értelmezéséhez betöltésre került (lásd 4. pont).² Ezután kezdődik előlről a ciklus az 1. ponttal mindaddig, amíg a számítógép áram alatt van.

A fenti ciklust másodpercenként nagyon sokszor képesek a ma használatos CPU-k végrehajtani. A CPU sebességét manapság már GHz-ben szokás megadni. Ha például egy CPU 3 GHz sebességű az azt jelenti, hogy a fenti ciklus egyes lépéseit egy másodperc alatt 3 milliárdszor képes végrehajtani.

Vannak azonban feladatok, amelyek jelentős terhelést jelentenek a CPU számára, amely alatt más feladatra nem marad ideje. Vannak olyan feladatok is, amelyeknek a CPU-ra bízása csak akkor lehetséges ha jóval bonyolultabb áramkört építenek bele, de ezek a feladatok nem mindig szükségesek, így ez feleslegesen drágítaná az előállítását. Ráadásul a CPU cseréje nélkül nem is lenne ez a funkció fejleszhető.

Az ilyen feladatok kiváltására születtek meg a különféle segédprocesszorok. Ezáltal amíg a segédprocesszor elvégzi ezt a feladatot, addig a CPU más feladattal tud foglalkozni. Íme néhány tipikus példa a segédprocesszorokra:

- **Matematikai társprocesszor (FPU):** A CPU-ban található Aritmetikai-logikai egységnél pontosabb számolások elvégzésére képes processzor. Felépítésében nagyon hasonlít a CPU-ra, viszont kifejezetten a nagy pontosságú számolásokra szolgáló utasításokkal rendelkezik. Manapság már a CPU-val egy tokba szokták építeni, míg az első ilyen tartalmazó számítógépek esetén külön tokja volt. Főleg a lebegőpontos számításokban van rá szükség, ezért *Floating Point Unit* a neve.
- **(U)DMA: (Ultra) Direct Memory Access,** a memória és a kimeneti/bemeneti egységek vagy a háttértár közötti nagy mennyiségű adat mozgatásának vezérlését vállalja át a CPU-tól, ezáltal jelentősen tehermentesítve azt. Enélkül gyakorlatilag lehetetlen lenne például zenét

² Az utasításszámláló egy regiszter a CPU-ban. A következő leckében lesz róla szó részletesebben.

hallgatni vagy filmet nézni számítógépen, mert annyira lassú lenne a CPU által vezérelt adatmozgatás, hogy állandóan szagatna a lejátszás.

- **Grafikus processzorok (GPU-k):** Ezek általában a monitoron megjelenítést végző kimeneti eszköz részét képezik. A grafikus megjelenítés nagyon komoly számítási feladatot jelent, amellyel már a matematikai társprocesszor sem bír el elég gyorsan. Játékprogramok használják ki ezeket elég intenzíven például, de egy videó megnézése is kellemesebb élmény egy gyors GPU-val rendelkező gépen. Ma már készül olyan változata is, amelyre nem lehet monitort kötni, csak a számítások elvégzésére szolgál. Minden GPU-nak saját, az operatív memóriánál gyorsabb (de drágább) memóriája is van.

1.5. A központi egység és a perifériák

A 4. ábrán levő egységeket két csoportba szoktuk osztani. Ez a felosztás a legkönnyebben arról jellemezhető meg, hogy mi szükséges feltétlenül a gép működéséhez és mi az, ami csak kiegészíti – ezzel használhatóbbá téve – a gépet.

A **központi egységek** a számítógép működéséhez *feltétlenül szükséges* eszközök. Ezzel szemben a **periféria** egy olyan egység, amely nélkül a számítógép *képes* működni. A periféria elnevezés eredetileg arra utalt, hogy a számítógép dobozához kívülről, valamilyen kábellel hozzákapcsolt, tehát külső egység volt. Ma már ezek egy része a gép dobozában kap helyet, de ettől még maradt a periféria elnevezés, hiszen a gép képes nélküle működni – de nem feltétlenül értelmesen.

Az ábrán nem minden egység látható, azért most az ábrától függetlenül gyűjtsük össze a központi egységeket és a perifériákat! Ezek többségével a következő leckék majd részletesebben is foglalkoznak.

1.5.1. Központi egységek

A számítógép működéséhez a következő egységek megléte feltétlenül szükséges:

- Áramellátás, **tápegység**: nem szerepelt az ábrán, de magától értetődő, hogy ha nincs, ami árammal lással el a számítógépet, akkor nem fog működni.
- **Alaplap**: a számítógép többi egységének elhelyezésére, azok árammal való ellátására szolgáló nyomtatott áramköri lap.
- **Sín (bus)**: az alaplapon elhelyezkedő párhuzamos vezetékek alkotják a sít, amelyből az elvi ábrán ugyan csak egy van, de mint egy későbbi lecke során kiderül, a valóságban általában több is van, hogy a lassabban működő eszközök ne fogják meg az egész gépet.
- **CPU: Central Processing Unit**, azaz *Központi Feldolgozó Egység*. A számítógép központi processzora. Manapság már lehet több is belőle, de a Neumann-elv szerint egy ilyen van a gépben.
- **Operatív memória**: Olyan adattároló, amelynek a *byte méretű* tároló egységei *egyenként megcímezhetők* és amely tárolókba *írni* és azokból *olvasni* is lehet *elektronikus úton*. Az ezeknek a feltételeknek megfelelő adattárolókat nevezzük *Közvetlen Elérésű Tárolónak*, vagyis angolul **Random Access Memory**-nak.
- **Segédprocesszorok**, amelyek szerepéről már volt szó.

1.5.2. Perifériák

Ami az ábrából megmaradt – tehát a sín alatti levők –, azok a perifériák. Ezeket három fő csoportba oszthatjuk, de ezek között a csoportok között van átjárás, azaz *ugyanaz a periféria több csoportba is tartozhat*:

1. **Bemeneti egységek**, azaz **Input** perifériák: azok a perifériák, amelyekkel adatot lehet bejuttatni a számítógépbe (annak memóriájába).
2. **Kimeneti egységek**, azaz **Output** perifériák: azok a perifériák, amelyekkel a számítógép tud adatot közölni a környezetével (ezek az adatok előzőleg a memóriában voltak).
3. **Háttértárolók**: olyan perifériák, amelyen adatot és programot lehet későbbi felhasználásra tárolni. *Ezek egyben mindig ki- és bemeneti perifériák is.*

Egyes szakkönyvekben a perifériákra I/O, azaz ki-/bemenetként szoktak hivatkozni, hiszen *minden periféria vagy adatbevitelre, vagy adatkivitelre, vagy mindkettőre alkalmas*.