

Hardverismeret



Gál Zoltán

Hardverismeret

2018-07-24

Tartalomjegyzék

A számítógép hardvere.....	9
1. 1. Számítógépek fajtái.....	11
1.1. A Turing-gép.....	11
1.2. A számítógépek hierarchiájának áttekintése.....	11
1.2.1. Eldobható számítógépek.....	12
1.2.2. Mikrovezérlők.....	14
1.2.3. Játékgépek.....	14
1.2.4. Személyi számítógépek.....	14
1.2.5. Szerverek, kiszolgálók.....	15
1.2.6. Szuperszámítógépek.....	15
1.2.7. Cluster.....	16
2. 2. A számítástechnika története.....	17
2.1. A 20. század előtti idők (0. generáció).....	17
2.1.1. Mechanikus számolóeszközök.....	17
Őskor, ókor számolóeszközei.....	17
Az indiai számjegyek elterjedése.....	19
Középkori számolóeszközök.....	20
A 19–20. század mechanikus eszközei.....	22
2.1.2. Elektromechanikus számolóeszközök.....	23
2.1.3. Elektronikus eszközök.....	26
2.1.4. Számítógép-generációk.....	29
Első generáció.....	29
Második generáció (1955–1965).....	29
Néhány második generációs számítógép.....	30
Harmadik generáció (1965–1980).....	30
Negyedik generáció (1980-tól).....	30
Ötödik generáció.....	31
Mi lesz a jövő?.....	31
3. 3. Neumann János és a Neumann-elv.....	33
3.1. Neumann János.....	33
3.1.1. Iskolái és tudományos pályája.....	33
3.2. A Neumann-elv.....	35
4. 4. A Neumann-elvű számítógépek elvi felépítése.....	37
4.1. A központi egység és a perifériák.....	38
4.1.1. Központi egységek.....	39
4.1.2. Perifériák.....	39
5. 5. A CPU.....	41
5.1. A CPU főbb felépítése.....	41
5.1.1. Control Unit: Vezérlő egység.....	41
5.1.2. Aritmetikai-logikai egység (ALU).....	41
5.1.3. Regiszterek.....	42
5.1.4. Gyorsítótár.....	43
5.2. A CPU működése.....	44
5.2.1. A CPU működési ciklusa.....	44
5.2.2. CISC és RISC processzorok.....	45
5.2.3. Az órajel.....	45
5.3. CPU-k csoportosítása.....	46
5.3.1. Utasításkészlet szerinti csoportosítás.....	46

5.3.2.	Szóméret szerinti csoportosítás.....	47
5.3.3.	Párhuzamosság szerinti csoportosítás.....	47
5.3.4.	Gyártó szerinti fajták.....	47
5.4.	Processzorok hűtése.....	47
6.	Memóriák.....	51
6.1.	Az operatív memória szerepe.....	51
6.2.	A RAM.....	51
6.2.1.	A RAM fajtái.....	52
6.3.	A ROM.....	54
7.	Háttértárak.....	57
7.1.	Adattárolók hierarchiája.....	57
7.2.	A háttértárak csoportosítása működési elv szerint.....	58
7.3.	Félvezető adattárolók.....	58
7.3.1.	Pendrive.....	58
7.3.2.	SSD.....	59
7.4.	Mágneses elven működő adattárak.....	59
7.4.1.	Mágnesszalag.....	59
7.4.2.	Hajlékony mágneslemez.....	60
7.4.3.	Merevlemez (HDD).....	61
7.5.	Optikai háttértárak.....	63
7.5.1.	Optikai lemez írása.....	64
7.5.2.	Az optikai lemezek fajtái.....	64
8.	Bemeneti egységek.....	67
8.1.	Billentyűzet.....	67
8.2.	Egér.....	68
8.2.1.	Az optomechanikai egér.....	69
8.2.2.	Optikai egér.....	69
8.2.3.	Trackball.....	70
8.2.4.	Touchpad: érintőpad.....	70
8.2.5.	Érintőképernyő, fényceruza.....	71
8.3.	Digitális rajztábla.....	71
8.4.	Scanner.....	73
9.	Kimeneti egységek.....	75
9.1.	Monitor.....	75
9.1.1.	Katódsugárcsöves monitorok.....	76
9.1.2.	A „lapos” monitorok.....	78
9.1.3.	Projektorok.....	80
9.1.4.	Monitorok főbb jellemzői.....	80
9.2.	Nyomtatók.....	80
9.3.	Folyamatos jelű nyomtatók.....	81
9.3.1.	Mátrix nyomtatók.....	81
9.3.2.	Tintasugaras nyomtató.....	82
9.3.3.	Lézernyomtató.....	82
9.3.4.	Hőnyomtató.....	83
9.3.5.	Termoszublimációs nyomtatás.....	84
9.3.6.	A CMYK színkeverés.....	84
9.4.	Rajzgép.....	84
9.5.	3D nyomtató.....	85
10.	Ergonómia és környezetvédelem.....	87
10.1.	Ergonómia.....	87

10.1.1. A számítógép, mint termék.....	87
10.1.2. A számítógépes munkakörnyezet.....	87
10.1.3. Munkavédelmi szabályozás.....	90
10.2. Fenttartható számítástechnika.....	90
Felhasznált irodalom.....	91

A számítógép hardvere

Mielőtt a számítógép hardverét megismerhetnénk, először tisztáznunk kell, mit is jelent a hardver szó.

Az eredeti *hardware* szó elég sok területen használatos:

- *household hardware*: a ház használatához szükséges elemek (kulcs, zár, kilincs, ajtó/ablak-zsanér, elektromos vezetékek stb.
- *builders hardware*: a házépítéshez használt eszközök

Innen származik a fentieket árusító bolt neve, a *hardware store*, amelyet egyszerűen vaskereskedésnek szoktak fordítani – pedig nyilvánvalóan ennél többről van szó.

A számítógépek megjelenésével – részben talán azok elektronikai részeinek a ház elektromos berendezéseivel való párhuzamba vonása útján – új jelentést kapott a szó. Az eredeti jelentéssel párhuzamos jelentés alapján a számítógép elektronikus eszközök alkotta, fizikai részét szokás hardvernek nevezni.

Hardver (angolul *hardware*): A számítógép fizikai, elektronikai alkatrészeinek összességé által alkotott műszaki eszköz(ök).

Ezzel ellentétben használatos egy sokkal kevésbé kifejező meghatározás is a hardverre, mely szerint a hardver a számítógép „*kézzel fogható része*”. Én a magam részéről ebbe személy szerint azért szoktam belekötni, mert a hardvernek vannak olyan részei is, amelyeket ténylegesen nem lehet kézzel megfogni (gondoljunk például a tápegység egyes, 230 V feszültség alatt levő vezetékeire vagy a merevlemez adattároló felületeire, amelyek megérintése azt azonnal használhatatlanná tenné). Természetesen ez a meghatározás is arra akar utalni, hogy a hardver a számítógép azon része, amely fizikailag létezik, ellentétben a szoftverrel¹, amely valójában a hardver vezetékeiben jelen lévő feszültség, a mágneses adattárolók felületének mágneses elrendezése formájában létezik.

Szemléletesen úgy is tekinthetünk a hardver és a szoftver közötti különbségre, hogy egy ember esetén a sejtjeink alkotta testünk a hardver, míg a szoftvert a gondolataink és cselekedeteink (pontosabban azok szándéka és a megvalósításához az idegsejtjeinkben végigfutó ingerületek) alkotják.

Szintén a hardver és a szoftver közötti különbségtételt szemlélteti az alábbi találós kérdés is:

- Hány programozó szükséges egy villanykörte becsavarásához?
- ?
- Semennyi, mivel az hardver-probléma.

Ennek megértéséhez szükséges azt is tudni, hogy egy programozó a szoftverek fejlesztésével foglalkozik.

Valójában a hardver a tantárgyunk azon részéhez tartozik, amelyre nem illik az „Informatika” elnevezés. A hardver és annak fejlesztése elsősorban az elektronikai ipar egy speciális területe. Valójában tehát ebben a témakörben elsősorban a *Számítástechnika* területével foglalkozunk.

Ezen belül először körbejárjuk majd, hogy milyen számítógépek léteznek. Látni fogjuk, hogy a 21. században már szinte alig találhatunk olyant az életünkben, amelyben ne venne részt valamilyen számítógép.

Ezután megismerjük, hogyan alakultak ki a ma használatos számítógépek. Ennek kapcsán megismerjük a mai számítógépek működési alapelvét, amelyet a magyar származású Neumann Já-

¹ A szoftver pontos definíciója a *Szoftverismeret* témakör elején fog szerepelni.

nos fogalmazott meg. Ezt követően a számítógépek legelterjedtebb, Neumann-elvű változatainak felépítésén keresztül megismerkedünk a hardverek legjellemzőbb fajtáival, azok működésével, a használatuk során figyelembe veendő szabályokkal.

Ez utóbbi kapcsán végül még egy nagyon fontos területet kell érintenünk – amely azonban egyes szempontok esetén más témaköröket is érinteni fog –: a számítógép használatával kapcsolatos környezetvédelmi és ergonómiai szabályokkal.

1. Számítógépek fajtái

A 21. században a *számítógép* szó már nagyon elterjedt, de vajon mit is nevezünk ténylegesen számítógépnek?

A **számítógép** egy olyan eszköz, amely valamely matematikai vagy logikai műveletekből álló sorozat végrehajtására alkalmas.[1] Ezen meghatározás alapján számítógépnek nem csak a hétköznapi életben számítógépnek nevezett eszközöket nevezzük így, hanem az egyszerű elektronikus vezérlőeszközöktől kezdve a mikrohullámú sütő vezérlésén, az ipari robotokon, személyi számítógépeken át egészen a mobiltelefonokig vagy a szuperszámítógépekig mindent.

A fejezet egyes ábráin néhány példa látható számítógépekre, a teljesség igénye nélkül.

A *computer* szó első használata 1613-ban történt, amikor RICHARD BRAITHWAIT *The Yong Mans Gleanings* című művében ezt írta: „*I haue [sic] read the truest computer of Times, and the best Arithmetician that euer [sic] breathed, and he reduceth thy dayes into a short number.*” Ebben a szövegben a „computer” szó számításokat végző személyre vonatkozott. Az Online Etymology Dictionary (<http://www.etymonline.com/index.php?term=computer>) szerint a **computer** szó számítást végző gép jelentésben 1897-ben jelent meg először, programozható elektronikus gépként pedig 1937-ben (a Turing-gép kapcsán). A számítógépek fejlődésének történetével a következő lecke foglalkozik részletesen.

1.1. A Turing-gép

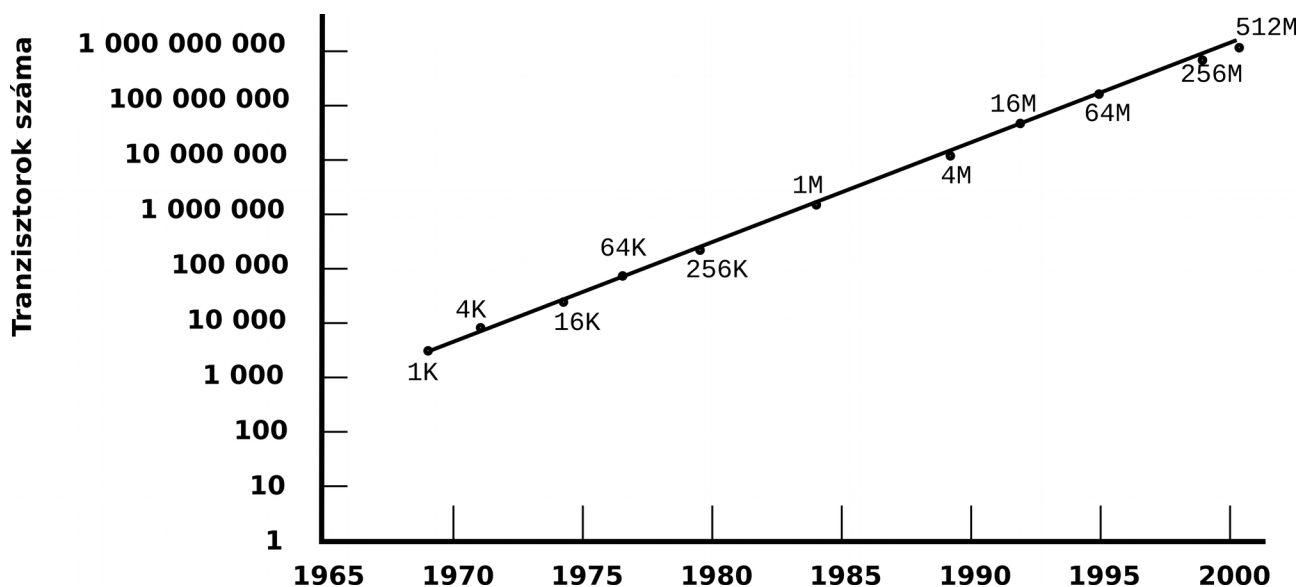
Alan Turing (angol matematikus) volt az, aki 1936-ban egy cikkben (On Computable Numbers) megfogalmazta, mit várunk egy *univerzális* számítógéptől. Ezt az elméleti modellt nevezik **univerzális Turing-gépnek**.

A cikkben Turing bebizonyította, hogy egy univerzális gép képes bármely számítást elvégezni, amelynek utasításai (a program) eltárolhatók egy mágnesszalagon, ezzel lehetővé téve, hogy a gép programozható legyen. Gyakorlatilag ez a tárolt program elve. Gyakorlatilag Neumann János ennek az elvnek a továbbgondolásával alkotta meg a manapság Neumann-elvnek nevezett működési elvet.

1.2. A számítógépek hierarchiájának áttekintése

Amennyiben szeretnénk a számítógépek számára valamilyen hierarchiát felépíteni, akkor a legjobb, ha Andrew Tannenbaum: Számítógéparchitektúrák ([2]) című könyvét hívjuk segítségül. A továbbiakban ez alapján csoportosítjuk a számítógépeket.

Az Intel egyik alapítója, GORDON MOORE egy előadásra készülve érdekes tendenciára lett figyelmes a számítástechnikai eszközök fejlődésében: A memória-áramkörök esetében nagyjából három évente jelentek meg új generációk. Minden generáció megnégyszerezte az előzőhöz képest a memóriakapacitást. Ez alapján megjósolta, hogy ez a növekedés még évtizedekig folytatódni fog. Ma ennek a megfigyelésnek egy másfajta megfogalmazásaként a Moore-szabály azt mondja ki, hogy az egy félvezető lapkán elhelyezkedő tranzisztorok száma 18 havonta megduplázódik. Hogy ez a szabály továbbra is érvényes marad-e, azt nem lehet tudni, de sejthető, hogy hamarosan leáll ez a tempó, mivel a miniaturizálás lassan eléri azt a szintet, hogy két szomszédos elektronikai elem között a kapcsolatot biztosító vezeték már csupán néhány atom átmérőjű lesz. Ennél lejjebb pedig fizi-



1. ábra: A Moore-szabály szerint az egy félvezető lapkán elhelyezkedő tranzisztorok száma 18 havonta megduplázódik. Ez az ábra a memóriaplakkák kapacitásának alakulását mutatja bitekben. (forrás: [2])

kialakulása képtelenség menni. Arról nem beszélve, hogy ebben a mérettartományban már a kvantumfizika szabályai is bele fognak szólni a működésbe.

Ahogy a technológia fejlődik, egyre kisebb helyen lehet megvalósítani az egyes feladatok elvégzésére alkalmas eszközöket, így nem csoda, hogy mostanra a legkisebb számítógépek már szinte láthatatlanná váltak, míg az akkora méretű számítógépek, mint amekkorák az első gépek voltak, hihetetlen teljesítményre képesek. Mostanra rendkívül széles skálája alakult ki a számítógépeknek teljesítmény, ár és felhasználási kör szempontjából tekintve. Ezek kategorizálása [2] alapján a 1. – módosítás nélkül átvett – táblázatban látható. A táblázatban durva árbecslések láthatóak 2006-ból és a kategóriák is csak hozzávetőlegesek, azonban jól látható, hogy mennyivel többféle számítógép létezik annál, mint amit a hétköznapi életben annak szoktunk nevezni.

A következőkben kicsit részletesebben körbejárjuk ezeket a kategóriákat.

1.2.1. Eldobható számítógépek

Nem feltétlenül kell szó szerint érteni az eldobhatóságot, ám akár szó szerint is érthető bizonyos esetekben. A 1. táblázatban szereplő ár alapján akár az eldobás sem jelent túl nagy problémát.

1. táblázat: A számítógépek mai típusválasztéka [2] alapján

Típus	Ár (dollárban)	Példák a felhasználási területre
Eldobható számítógép	0,5	Üdvözlőlapok
Mikrovezérlő	5	Órák, autók, eszközök
Játékgép	50	Házi videojátékok
Személyi számítógép	500	Asztali és hordozható számítógép
Szerver	5 000	Hálózati kiszolgáló
Munkaállomás-gyűjtemény	50 000 – 500 000	Tanszéki mini-szuperszámítógép
Nagyszámítógép	5 000 000	Banki kötegetelt adatfeldolgozás

Valójában egyetlen csipen elhelyezett áramkörökről van szó, amelyeket nagy mennyiségben legyártva jön ki a fél dollár körüli darabonkénti ár.

Tipikus – és valóban eldobható – példa az ilyen csipekre a zenélő üdvözlőkártya, amelyet kinyitva elkezd valamilyen dallamot zenélni.

Ennél hasznosabb, de méretét és árkategóriáját tekintve szintén ide tartozó eszköz az **RFID**. A rövidítés jelentése: **Radio Frequency IDentification**, azaz *rádiófrekvenciás azonosító*. Ez egy olyan, 0,5 mm-nél vékonyabb nyomtatott áramköri lapka, amely áramforrással ugyan nem rendelkezik, de van benne egy pici rádióadóvevő, amely a megfelelő frekvencián érkező külső rádiójelből szerzett energiát egy 128 bites jel kisugárzására használja fel. Ezzel lehetséges az ilyen csipet egy egyszerű leolvasóval leolvasni, amellyel az azonosítható. Pontosabban nem maga a csip, hanem az, amire a csip fel van szerelve. Újabb modellekben már az azonosító jel utólagos módosítása is lehetséges.

Mire lehet ezt felhasználni? Szinte bármire, ahol azonosításra van szükség. Csak néhány példa a teljesség igénye nélkül:

- Háziállatok beazonosítására. Már Magyarországon is kötelező a kutyák csippel ellátása, hogy elkóborlásuk esetén be lehessen őket azonosítani. Így akinek van kutyája, közvetve már találkozott RFID csippel is.
- Áru azonosítása például áruházakban. Mennyivel egyszerűbb lenne, ha a bevásárló központokban nem kellene a bevásárlókocsiból a pénztárnál mindent egyenként kipakolni, majd vissza, hanem elég lenne csak odatulni a kocsit és a pénztáros már mondaná is, mennyit kell fizetni. A jó hír, hogy a technológia ehhez adott és más országokban már működik is több helyen. Tovább gondolva a dolgot: még a fizetést is meg lehetne így oldani.
- Ennek a dokumentumnak a születése idején – 2018. elején – már hivatalosan bevezetésre került, de még eltart egy darabig, mire mindenki használni fogja az RFID csippel ellátott személyi igazolványt, amelyről azt ígérték, hogy sok helyen könnyebbé teszi majd az ügyintézkést. Eddig egy ilyen eset lenne, ha rendesen működne, de a régi rendszerrel párhuzamos működtetés jelenleg nehezkesebb ügyintézkést jelent: az elektronikus receptek használatánál.
- Árukövetés, járműkövetés: Akár a vasúti, akár a közúti járművek esetén egy RFID csip felszerelése a járműre és egyes leolvasó kapuknál annak leolvasása könnyen nyomon követhetővé tenné az áruszállításban, hogy melyik áru – illetve az azt szállító jármű – hol tart éppen. De akár a fizetős utak bejáratánál és kijáratánál elhelyezett leolvasóval is meg lehetne oldani, hogy ne kelljen a fizető kapuknál sokáig ácsorogni, mint például Olaszországban vagy Franciaországban az autópályánál, mégis garantáltan mindenkinek a ténylegesen megtett távolság után legyen módja fizetni.
- Hasonló módon lehet megoldani egyes épületekbe a beléptetést is RFID csipes kártyákkal, ha az ajtó ezeket olvassa le.

Lehetett találkozni olyan panaszokkal, hogy az ilyen RFID kártyákkal történő beléptetés esetén ha pár centiméternél távolabb van a kártya a leolvasótól, akkor már képtelen azt érzékelni. Való igaz, a leolvasáshoz szükséges energiát csak akkor kapja meg a lapkán levő áramkör, ha ennyire közel kerül a leolvasóhoz. Éppen ezért badarság, amivel az RFID csipes személyi igazolvány bevezetése ellen hergelték annak idején az interneten az embereket, miszerint ezzel az embereket a kormány bárholnan bármikor nyomon követhetné. Egyszerűen a technológia működési elve miatt ilyen nem lenne lehetséges. Ellenben a fenti példák is mutatják, mennyi hasznos dologra lehet jó egy ilyen azonosítási mód. További információkat lehet találni erről a technológiáról a <http://www.rfid.org/> címen.

Másik, az RFID-hez hasonló csipet már régóta használunk. Ilyen a bankkártyán levő csip, vagy a telefonunkban a SIM-kártya is. A bankkártyán újabban olyan csipet helyeznek el, amely kicsit az RFID technológiát is alkalmazza: ezek a Paypass csipek. Nyilván ez utóbbiakat már nem szívesen

dobjuk ki csak úgy egyszerűen, de a méretük és előállítási költségeik miatt ebben a kategóriában van a helyük.

1.2.2. Mikrovezérlők

Más néven beágyazott rendszereknek is nevezik azokat a vezérlő elektronikákat, amelyek már szinte minden ember által használt eszközben megtalálhatók. A teljesség igénye nélkül néhány példa:

- Háztartási berendezések: rádiós óra, mikrohullámú sütő, mosógép, riasztó, hőmérséklet szabályozó.
- Kommunikációs eszközök: telefon, mobiltelefon, faxgép.
- Számítógép-perifériák: a nyomtató vagy a CD-olvasó is tartalmaz saját elektronikát, ezeket ide sorolhatjuk.
- Szórakoztató elektronika: videomagnó, DVD-lejátszó, hifiberendezés, televízió, MP3-lejátszó, bluetooth-hangsóró, digitális kamera.
- Orvosi berendezések: röntgenkészülék, MRI, digitális hőmérő, vérnyomásmérő.
- Katonai fegyverrendszerek: robotrepülő, drón.
- Vásárlással kapcsolatos eszközök: ATM-automata, különféle termékeket árusító automaták, pénztárgép.
- Játékok: beszélő baba, játékkonzol, rádióvezérelt autó vagy hajó.
- Járművek: Egyetlen autóban is rengeteg lehet belőlük a szervokormánytól az ABS-ig. Az önvezető autó ha megvalósul, akkor akár ezerszámra tartalmazhat ilyeneket.
- Navigáció: GPS.

Ezek a mikrovezérlők az eldobható számítógépekkel ellentétben már teljes értékű célszámítógépeknek számítanak.

1.2.3. Játékgépek

Alighanem ezt a kategóriát kell a legkevésbé részletezni. Ezek olyan célszámítógépek, amelyeknek a feladata minőségi grafikával és hanggal rendelkező videojátékok futtatása. Éppen ezért az ehhez szükséges alkatrészek nagyobb teljesítményre képesek az általános célra készült számítógépekhez képest, cserébe a kevésbé lényeges alkatrészek sokkal alacsonyabb képességekkel rendelkeznek.

Ezeknek a gépeknek a teljesítménye lényegesen elmarad a velük egy időben gyártott személyi számítógépekhez képest. Ám bizonyos területeken – amelyek a játék futtatásában lényegesek – jócskán túl is szárnyalják azokat. Például a PlayStation 2 CPU-ja 128 bites, miközben egy általános célú CPU még mindig csak 64 bites, a PlayStation 2-vel egy időben gyártottak pedig még zömében 32 bitesek voltak.

Egy ilyen gépen aligha volna célszerű programot fejleszteni vagy szöveget szerkeszteni. Viszont a grafikai képességei messze túlszárnyalják a PC-k képességeit.

1.2.4. Személyi számítógépek

A *Personal Computer* = PC, azaz a személyi számítógép jelenti a legtöbb embernek a számítógépet. De fontos tudnunk, hogy ez csak egy közepes képességű kategóriája a számítógépeknek. Ára, mérete alapján egy átlagember képes megvásárolni és amire várhatóan használni akarja, arra elegendő a tudása. Sőt! Az egész Apollo-küldetés végrehajtásához szükséges számítási teljesítményt ma már egy személyi számítógép képes biztosítani, pedig nem kis számítási igénye volt az első emberes Hold-expedíciónak!

Azt azonban ne felejtsük el, hogy a személyi számítógép nem azonos a PC-vel! Két értelemben sem:

1. A laptop, notebook néven emlegetett hordozható számítógép felépítését tekintve megegyezik a PC-vel, ám sokkal kisebb méretű és energiaigényű, ezért valamivel drágább alkatrészekből épül fel.
2. Az IBM PC megjelenése előtt is már léteztek személyi számítógépek, mint például a Commodore, Atari, Amiga gépek, vagy a magyar gyártmányú Videoton TV Computer. Manapság is léteznek egyéb géptípusok, mint például az Apple Macintosh gépcsaládja, amelyek szintén személyi számítógépek.

Itt említhetjük meg a tabletek előzményének tekinthető PDA (Personal Digital Assistant) gépeket, amelyek számológép² méretű eszközök.

1.2.5. Szerverek, kiszolgálók

A szervergépek lehetnek kifejezetten jó minőségű alkatrészekből összeállított személyi számítógépek is, de van olyan szerver, amelyet kifejezetten erre a feladatra gyártanak. A felhasználási körülből adódóan napi huszonnégy órában működnek, akár évek telhetnek el a leállításuk vagy akár újraindításuk nélkül. Az alkatrészeiknek ezt is bírniuk kell.

Ám még a legjobb merevlemez is tönkre megy egy idő után és cserére szorul. A kifejezetten szervernek készült gépeknél ez sem probléma: a gép leállítása nélkül cserélhető a legtöbb alkatrész. Ehhez természetesen szükséges az is, hogy a kikapcsolás nélkül cserélhető alkatrészekből legyen több is, amelyek egymást tudják helyettesíteni a csere idején (redundáns kialakítás).

A szerverek más gépek kiszolgálását végzik, manapság már általában az interneten keresztül. A webszerver egy tipikus példa ilyenre, de a banki nyilvántartások is nagyon erős védelemmel rendelkező kiszolgálókon találhatók.

1.2.6. Szuperszámítógépek

Szerényen csak nagyszámítógépnek, a legnagyobbakat szuperszámítógépnek nevezzük a 60-as évek teremnyi méretét idéző, de azoknál jóval nagyobb teljesítményű gépóriások esetén. Ezek egészen más felépítésűek, mint a kisebb gépek. Senkinek eszébe nem jutna egy ilyen gépet olyan feladatokra használni, amire egy PC-t nap, mint nap használunk.

Ezek a gépek rengeteg – sokszor akár több ezer – olyan CPU-t tartalmaznak, amilyenből egy személyi számítógép általában csak egyet tartalmaz. Ezek a processzorok képesek ugyanazon a számítási feladaton egymással párhuzamosan dolgozni. Így egy bonyolult számítási feladatot, amely egy személyi számítógépen akár évtizedekig is eltartana, elfogadható idő alatt, például egy nap alatt elvégezni.

Ha ehhez hozzávesszük a csillagászati árat is, amibe egy ilyen szuperszámítógép kerül, akkor érthető, hogy ezeket olyan helyen használják, ahol a kapacitását száz százalékig ki is tudják használni a szükséges, nagyon összetett számításokra: Nagy kutatóintézetek, egyetemek rendelkezhetnek egy-egy ilyennel. Katonai, csillagászati számításokra alkalmazzák. Például a meteorológiai előrejelzések összetett számítási igénye miatt lehet ilyenre szükség.

2 Ha már itt tartunk: a számológép is mikrovezérlőnek tekinthető.

1.2.7. Cluster

Egyszerű személyi számítógépekből, munkaállomásokból összeállított hálózatot használnak egyre több helyen ott, ahol egy szuperszámítógép számítási teljesítményére lenne szükség, de nem áll rendelkezésre annyi pénz, amennyire ahhoz szükség lenne.

A cluster valójában lehet teljesen hétköznapi személyi számítógépek százai, ezrei összekapcsolásával kapott hálózat is. A lényeg, hogy a gépek összehangoltan, egymás között szétosztva végzik el a kapott feladatot, ahogyan egy szuperszámítógép is tenné.

A különbség a kialakítás és az üzemeltetés költségében van – egyre inkább a cluster javára. Ráadásul mivel hétköznapi alkatrészekből épül fel, így ha valamelyik alkatrészt cserélni kell, annak sokkal kisebb lesz az átlagos költsége, mint amikor sokkal ritkábban ugyan, de a szuperszámítógép valamelyik jóval drágább alkatrésze megy tönkre. A Google például a hatékonyságát éppen annak köszönheti, hogy ilyen clusterekből hozta létre a világ minden pontján az adatközpontjait, amelyek együtt egy szuperszámítógép teljesítményének sokszorosát nyújtják úgy, hogy sokkal kevésbé sérülékeny, olcsóbban üzemeltethető rendszert alkotnak.

Az ilyen clustert **COW**-nak, azaz *Cluster Of Workstations*-nek nevezik. Másképpen „farm” néven is szokták emlegetni: Sok kérés gyors kiszolgálására képes a *szerverfarm* azáltal, hogy az egyes kéréseket a COW különböző gépei egymással párhuzamosan tudják kiszolgálni. A legtöbb tárhelyszolgáltató is ilyen szerverfarmokon helyezi el az ügyfelek weboldalait. A *renderfarm* nagy mennyiségű 3D grafikai számítás gyors elvégzésére alkalmas. Animációs film elkészítése renderfarm nélkül gyakorlatilag elképzelhetetlen. Ám a szegény ember vízzel főz elven ilyen célra alkalmas lehet egy animációs stúdió saját gépparkja is, ha nappal dolgoznak a gépeken, éjjel pedig az összes gép egy renderfarm-ba összeállva dolgozik az animáción, hogy reggelre egy új elkészült jelenet várja a művészeket.

2. A számítástechnika története

A számítástechnika történetéről az interneten is rengeteg információ lehet találni még az itt leírtakon felül is. A téma iránt különösebben érdeklődők kedvéért kiindulópontként íme néhány link:

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Computer> (History szakasz)
- https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computing_hardware
- https://hu.wikipedia.org/wiki/A_sz%C3%A1m%C3%ADt%C3%B3g%C3%A9p_t%C3%B6rt%C3%A9nete
-

2.1. A 20. század előtti idők (0. generáció)

Évezredek óta használt az ember számítást segítő eszközöket. Ezek persze a mai szemmel nézve aligha nevezhetők számítógépnek, de jól mutatják a számítógépek kifejlesztésére ösztönző motivációt: a számolás megkönnyítését.

Ezen a ponton a számítástechnika fejlődésének története még nem volt elválasztható a számok, a számolás kialakulásának történetétől, hiszen minden korban az akkori matematikai ismeretek használatát könnyítő eszközök születtek.

A leginkább magától érthető, mindig kéznél levő számolást segítő eszköz – az ujjunk. Mivel egy átlagos embernek a két kezén összesen tíz ujj van, így az ujjunkon alapesetben tízig tudunk elszámolni.³ Amennyiben tíznél nagyobb értéket kellene elérni, akkor jön a kérdés, hogy ezt hogyan lehet megtenni. Több ember egymás mellé áll, hogy tíznél több ujj legyen? Esetleg a már betöltött tíz értékeket valahogyan feljegyezve számolunk tovább? Ez utóbbi megoldás már felveti a helyiértékes számolás kezdetleges fogalmát is.

Visszont ennél a pontnál léptek be a külső segédeszközök a számolás segítésére.

2.1.1. Mechanikus számolóeszközök

Őskor, ókor számolóeszközei

Kavicsos területen megoldást jelenthet, ha sok, nagyjából egyforma méretű kavicsot összegyűjtünk egy tálba. Az állatállomány megfelelő létszámának ellenőrzésére nagyon egyszerű módszer a tényleges létszám ismerete nélkül is, ha az állatok legelőre kihajtásakor minden állat elhaladásakor az edénybe dobunk egy kavicsot, majd este, amikor az állatok visszatérnek a karámba, minden állatnál egy kavicsot kiveszünk a tálból. Ha marad kavics a tálban az utolsó állat után, akkor annyi állat elveszett, amennyi kavics a tálban maradt. Szerencsésebb esetben a kavicsok hamarabb fogynak ki a tálból, mint az állatok – szaporodott a nyáj valamitől (csak nehogy a szomszéd törzs rájöjjön!).

A kavicsokhoz hasonló, kicsit maradandóbb megoldás volt a rováspálca (https://en.wikipedia.org/wiki/Tally_stick, [https://hu.wikipedia.org/wiki/Rov%C3%A1s_\(sz%C3%A1mvitel\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Rov%C3%A1s_(sz%C3%A1mvitel))).⁴ Ezek már biztonságosabb tárolást jelentettek a kavicsoknál. Rováspálcákat a vi-

³ Van egy másik, talán elsősorban már informatika tanárok által kitalált módszerrel a tíz ujjunkat használva akár 1024-ig is el tudnánk számolni, de az őseink nem ismerte a kettes számrendszert, így ezt a módszert aligha használta.

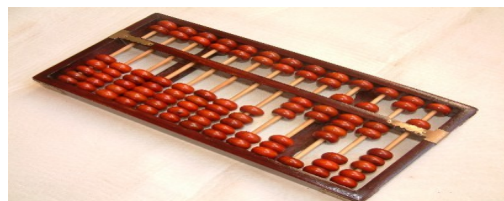
⁴ A magyarok által használt rovásírás is ebből a fajta számábrázolásból fejlődött ki.

lág gyakorlatilag minden részén találtak a régészek, amely jól mutatja, hogy az őskorban a mennyiségek ábrázolására, számolásra és üzenetek feljegyzésére egyaránt elterjedt módszer volt.

Szintén az ókorban jelent meg Kínában számolóeszközként a *számolórudak* használata. Ezek 3-14 cm hosszú rudacsákák voltak, amelyek függőleges és vízszintes elhelyezésével végeztek számításokat – már nem csak egész, de racionális számokon is. A rudacsákák írott változatát nevezték rúd-számoknak (angolul *rod numerals*). Ez már valódi helyiértékes számolást adott, ahol a számjegyek 1-9 (az üres szám jelentette a nullát) értéket adtak. Ezt használták a kínaiak idősámításunk előtt kb. 475-től egészen a 16. századig. Erről a rendszerről az angol Wikipédia a https://en.wikipedia.org/wiki/Counting_rods címen tartalmaz leírást.

Idősámításunk előtt 2400 körül megjelent a kavicsokkal való számolás továbbfejlesztéseként Babilóniában az *abakusz*. De valójában ez az eszköz sem csak a babiloni eszközt jelenti, hiszen Japánban (soroban) és Kínában (suanpan) szintén kifejlődött egymástól függetlenül. Ez annyival tud többet a kavicsoknál, hogy egyforma korongok vannak egy rúdra felfűzve, ahol azok mozgathatóak. Mivel több ilyen rúd is van egymás mellett, az abakusszal számolás már helyiértékes rendszerben történt.

A tipikus abakusz a 2. ábrán is látható kínaihoz hasonlóan két részből állt: egy öt korongot és mellette egy két korongot tartalmazó részből. Ezek lehettek egy keresztléc-cel elválasztva, mint a képen, de lehetett a két különböző funkciójú korongok megkülönböztetése eltérő színnel is. Ennél a változatban a számolás úgy történt, hogy annyi korongot kellett áttolni a másik oldalra, amennyi az ábrázol-

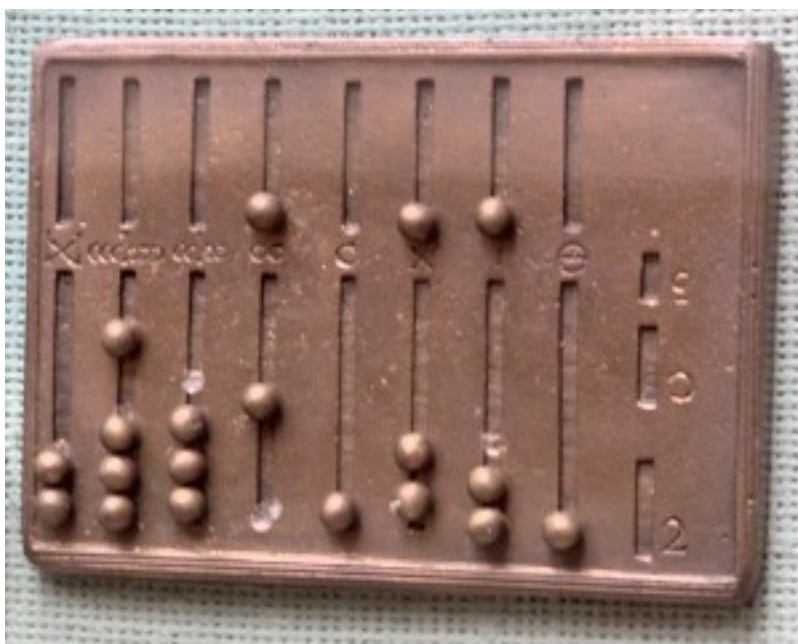


2. ábra: Kínai abakusz (Wikipedia: abacus)

landó szám volt. Ha ez elérte a csoport korongjainak számát (öt vagy kettő), akkor helyette a következő csoportból kellett egy korongot áttolni. A következő sorban az értékek mindig az előző sor tízszeresét érték. (A japán soroban más értékeket használ, de használata ugyanezen az elven alapul.) Az abakusz eredete máig nem ismert. Bár a legtöbb ismert változat – beleértve a modern gyártmányokat is – rudakra (pl. bambuszból készült rudakra) felhúzott korongokból áll, az első változatoknál még vágásokba helyezett golyók alkották – mintegy a kavicsokkal való számolás utódaként.

A római abakusz – a görög abakuszhoz hasonlóan – például a mélyedésekbe helyezett golyókat használta. Ám az, hogy 5+2 golyót használt a kínai suanpan-hoz hasonlóan, egyfajta bizonyíték lehet arra, hogy a Római Birodalom és Kína között volt valamifajta kereskedelmi kapcsolat.

A fentiek alapján tehát a hagyományos abakusszal ábrázolható helyiértékek: 1, 5, 10, 50, 100, 500, stb. A rómaiak által használt számok éppen ezeket az értékeket használják. A római számok pontosan azért maradtak elterjedtek még a középkori Európában is, mert az abakusz segítségével az összeadás és a kivonás könnyen elvégezhető volt a római számokon. Hozzá tartozik ehhez, hogy az igazi római számokban a 4 és a 9 szám ábrázolása nem a mai módon történt, hanem a helyiértékeknek megfelelően IIII illetve



3. ábra: Római abakusz rekonstrukciója (Wikipedia: Abacus)

Középkori számolóeszközök

Csillagászati számításokra alkalmas eszközként először Abū Rayhān al-Bīrūnī (perzsa matematikus, csillagász) készített *planiszfériumot* (planisphere) a 11. század elején. Ez egyfajta analóg számítógépként fogható fel, amely az égbolton látható csillagokat ábrázolta olyan módon, hogy az adott napra vonatkozzon.

JOHN NAPIER OF MERCHISON (1550–1617) skót matematikus, fizikus és csillagász fedezte fel, hogy a szorzás és az osztás visszavezethető összeadásra és kivonásra az általa kidolgozott *logaritmus* segítségével – ismét egy mind a mai napig a középiskolai tananyag részét képező ismeret.



6. ábra: Napier-csontok a 18. századból

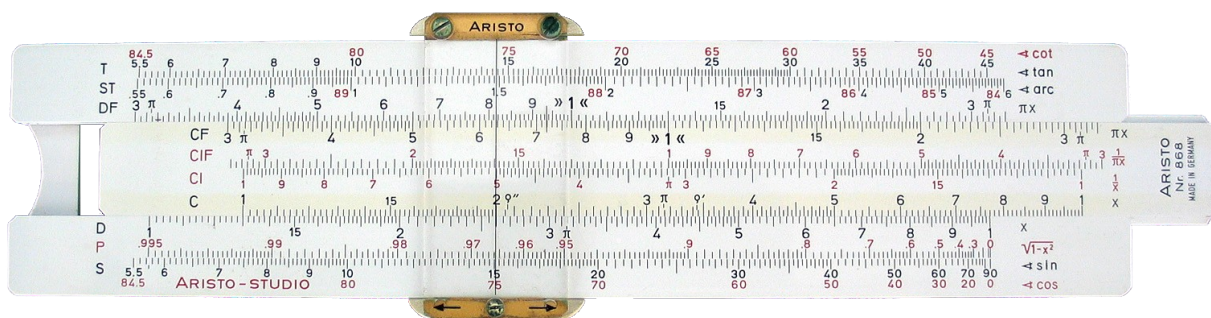
Csontokból segédeszközöket is készített a logaritmus használatához. Ezt az eszközt nevezték Napier-csontoknak.

Később a logaritmus használatára egyéb eszközök is készültek, mint például a logarléc (7. ábra) 1620-ból, amelynek egyes példányait

még a NASA is használta többek között az Apollo-program végrehajtásához szükséges pályaszámítások elvégzéséhez. Edmund Gunter épített egy számolóeszközt, az Oxfordi Egyetemen a logarléc felhasználásával, amely nagymértékben leegyszerűsítette a számolást. William Oughtred pedig a logarléc kör alakú változatát fejlesztette ki 1630-ban.



5. ábra: John Napier (1550–1617)



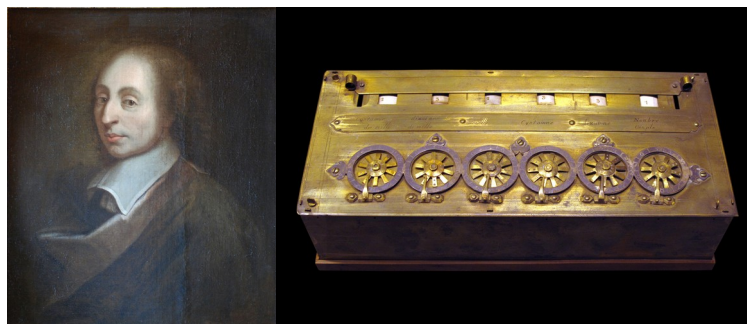
7. ábra: Logarléc



8. ábra: Wilhelm Schickard (baloldalt), az általa készített összeadó gép elvi ábrája (jobboldalt) és a gép egy modern kori rekonstrukciója (középen)

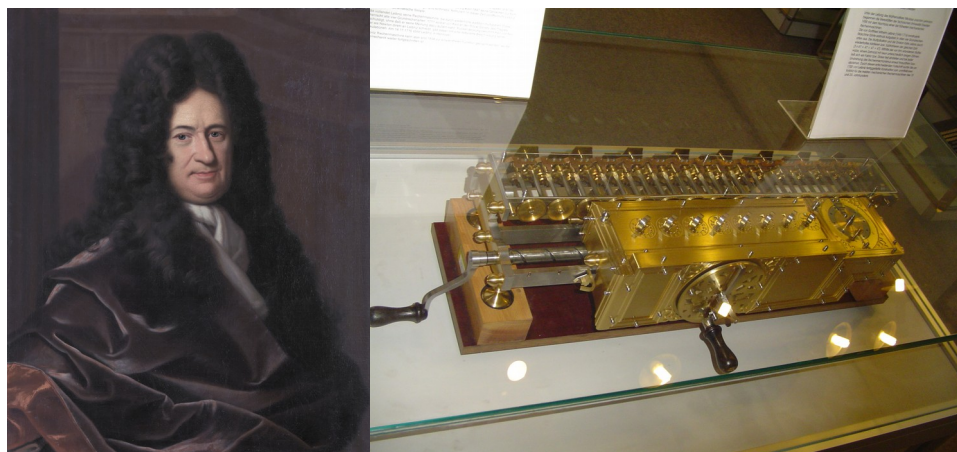
A német matematikus, WILHELM SCHICKARD (1592–1635) 1623-ban tervezett egy számológépet, amely Napier logaritmus-rúdjaival felhasználásával mai ismereteink szerint az első mechanikus összeadógép volt. A kialakítása miatt hajlamos volt elakadni működés közben. 1624-ben egy tűzben elpusztult az egyetlen létező gép és úgy tudni, Schickard nem építette újra.

1642-ben, még tizenévesként kezdett el a francia BLAISE PASCAL (1623–1662) dolgozni egy számológépen, amely elsősorban összeadásra és kivonásra volt alkalmas. A később matematikusként, fizikusként és vallásfilozófusként is híressé vált tudós az adóhivatalnokként dolgozó apja munkáját akarta megkönnyíteni. A gépből három év alatt 50 prototípus készült, mire megalkotta a mechanikus számológépét, amelyből azután 20 készült el. Ezekből 9 maradt fenn a mai napig, különböző európai múzeumokban.



9. ábra: Blaise Pascal portréja a Versallies-i kastélyból (balra) és az általa készített gép, a Pascaline (jobboldalt)

A német GOTTFRIED WILHELM VON LEIBNIZ (1646–1716) 1672 körül kezdte el és 1694-ben fejezte be a fejlesztését a „fokozatos számláló” (Staffelwalze) néven ismert eszközét, amely az első



10. ábra: Gottfried Wilhelm Leibniz (balra) és az általa épített négy alapl műveletes gép replikája (jobbra)

ismert négy alapművelet végrehajtására alkalmas mechanikus számológép. Jelenleg egyetlen másolatát őrzi a Müncheni Deutsches Museum. Külön érdemes megjegyezni, hogy Leibniz említést tesz a kettes számrendszerről is, amely a modern számítástechnika alapvető alkotóelemének bizonyult.

1820. körül a francia CHARLES XAVIER THOMAS DE COLMAR elkészítette a Thomas Aritmométert (11. ábra), amely a Leibniz-féléhez hasonló elven működött. Ez volt a világ első kereskedelmi forgalomba került, megbízhatóan működő mechanikus számológép. Egészen az 1970-es évekig használatban volt.



11. ábra: A Thomas Aritmométer

A 19–20. század mechanikus eszközei

1804-be visszaugorva, meg kell említeni JOSEPH-MARIE JACQUARD (1752–1834) szövőszékét. Ez ugyan nem számoló-eszköz volt, hanem automata, amely rendelkezett egyfajta programozási lehetőséggel. A szövőszék amellett, hogy automatizálta a szövést, abból a szempontból érdekes, hogy a mintát lyukkártyákon kapta. Ez a lyukkártya első ismert felhasználása.



13. ábra: A szövőszék lyukkártyái

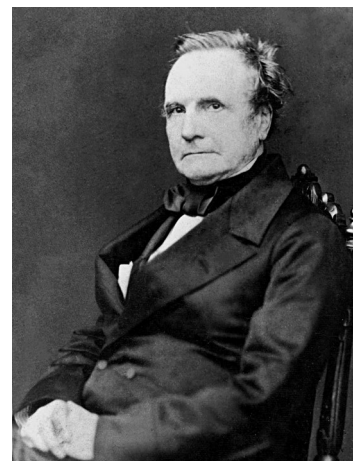
A lyukkártya valójában a számítástechnikában használt első adattároló. A korábban már harangjátékokban vagy a belső égésű motorokban manapság is használt büttyös tengelyhez hasonlóan működik, de nem henger alakban ismétlődve, hanem egy papírlapon síkba kiterítve. A lyukak felelnek meg a büttyös tengelyen levő kiemelkedésnek: Amennyiben valamilyen mechanizmus képes reagálni a lyukra a lapon, akkor annak megfelelően egy állapotváltozást produkál, amely a gép működését képes vezérelni. Ilyen módon a Jacquard által feltalált szerkezet lehetővé tette a textileken alkalmazott mintázat végtelen variálását.



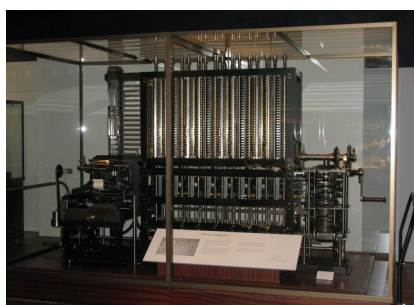
12. ábra: Joseph-Marie Jacquard (1752–1834)

1872-ben SIR WILLIAM THOMSON elkészített egy gépet, amely segítségével előre lehetett jelezni az árapály mértékét. (https://en.wikipedia.org/wiki/Tide-predicting_machine) Később több hasonló gép készült a 19. században és a 20. század elején is.

Az angol CHARLES BABBAGE (1791–1871) matematikusként navigációs számításokat végzett, amikor a munkája könnyítésére elkészítette az első mechanikus számítógépet. Ez volt a *Difference Engine*. Célja elsősorban a navigációs számításokhoz szükséges differenciálszámítások automatizálása volt. A gép első változatát 1819. körül kezdte el építeni és 1822-ben fejezte be (15. ábra).



14. ábra: Charles Babbage (1791–1871)



15. ábra: A Difference Engine
(London, Science Museum)

1823-ban a britt kormány 1700 fontot adott Babbage-nak, hogy a gépének fejlesztésére. Amint közben kiderült, a szükséges technikai feltételek (a fém-megmunkálás pontossága például) nem volt megfelelő. Ennek eredményeként nagyon drágán lehetett volna csak a gépet megépíteni. Így

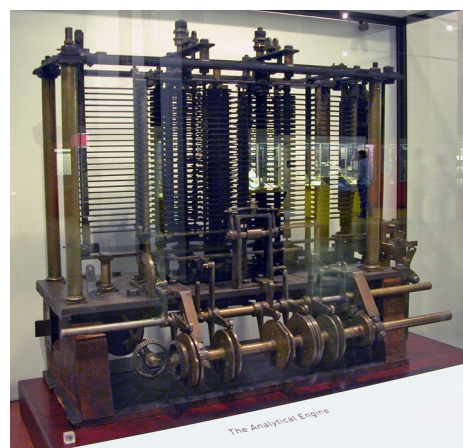
végül 1833-ban a fejlesztést leállították.

1837-ben Babbage egy továbbfejlesztett gép tervét dolgozta ki. Ez a gép lett az Analytical Engine, azaz az Analitikus gép. Babbage Analitikus gépe legalább száz évvel meghaladta a korát.

Munkája miatt sokan Babbage-t „a számítógép atyjának” nevezik. Nem is érdemtelenül: Gyakorlatilag az összes alapelv, amely a modern számítógépekben létezik, valamilyen formában az analitikus gépben is már megjelent: aritmetikai-logikai egység, vezérlő egység, integrált memória – az első gép, amelyben memória is szerepel –, vagyis a logikai felépítése a gépnek a Neumann-elvű gépekkel azonos volt. A gép az adatokat és a programot egyaránt lyukkártyákon kapta volna. Kimeneti egységként a géphez egy nyomtató csatlakozott volna (persze ez nem a mai értelemben vett nyomtató lett volna), de egyben lyukkártyák nyomtatására is képes lett volna. Az aritmetikai-logikai egysége, a *Malom* hajtotta volna végre a matematikai műveleteket.

Azonban ezt a gépet Babbage soha nem volt képes megvalósítani. Ám később fia, HENRY BABBAGE elkészítette 1888-ban a gép művelet-végrehajtó részét, a Malmot. 1906-ban sikeresen demonstrálta a gép működőképességét.

1842-ben az olasz Luigi Federico Menabrea publikálta a gép leírását franciául. Ennek angol fordítását készítette el AUGUSTA ADA KING-NOEL, Countess of Lovelace, közismertebb nevén ADA BYRON (1815–1852), a költő *Lord Byron* lánya. Babbage és Ada King később személyesen is találkoztak és barátság is kialakult köztük, főleg az Analitikus Gépnek köszönhetően. A fentebb említett mű fordításában elhelyezett olyan részleteket is („Notes”, azaz *megjegyzések* néven maradtak fenn), amelyek konkrét kódjavaslatok az Analitikus Gépen futtatandó programokra. Emiatt mind a mai napig őt tekintik a *világ első programozójának* és tiszteletére el is neveztek róla egy programozási nyelvet *Ada*-nak.



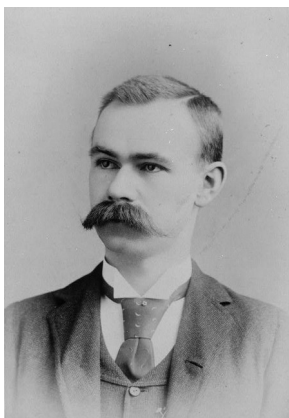
16. ábra: Az Analitikai gép egy részének tesztmodellje. London, Science Museum



17. ábra: Ada Lovelace

2.1.2. Elektromechanikus számolóeszközök

Az Amerikai Egyesült Államokban a 19. század végére kezdett komoly problémát jelenteni a népszámlálás során felgyűlő feldolgozandó adatmennyiség. HERMAN HOLLERITH (1860–1929) amerikai feltaláló azonban kifejlesztett egy lyukkártya-lyukasztó gépet (tabulator) és egy lyukkártya rendező gépet, amelynek segítségével a 11. Amerikai Népszámlálás feldolgozása 1880-ban két évvel gyorsabban végrehajtható volt az előző népszámlálásénál.



18. ábra: Herman Hollerith (1860–1929)

A népszámlálás adatait lyukkártyákra vitték fel, majd a Hollerith-féle gép azokat az egyes szempontok szerint gyorsan megszámlolta, amelyet a Pascal -féle összeadó gép elvén működő számlálók végeztek és az eredményt nagy táblán mutatták.

Érdekességként meg kell említeni, hogy Hollerith később a gépek sikerén egy céget alapított azok forgalmazására. Ezt a céget *Tabulating Machine Company* néven hozta létre. A cég más cégek-



19. ábra: A Hollerith-féle lyukkártya rendező gép

kel egyesült több alkalommal, végül *International Business Machines* lett a neve. Ez a cég a mai napig az egyik vezető számítástechnikai cég az USA-ban, az **IBM**.

Az ezt követő évtizedekben az Egyesült Államokban jelentősen térhódításon ment át a lyukkártya, mint adathordozó és az azt felhasználó elektromechanikus eszközök. Ilyen gépeket használtak többek között a II. Világháborúban is kódfejtésre.

1938-ra az Amerikai Egyesült Államok Haditengerészete (US Navy) kifejlesztett egy elektromechanikus analóg számítógépet, amely elég kis méretű volt, hogy elférjen egy tengeralattjárón. Ez volt a Torpedo Data Computer, amelynek célja a tengeralattjárók torpedóinak célzásához szükséges számítások elvégzése.

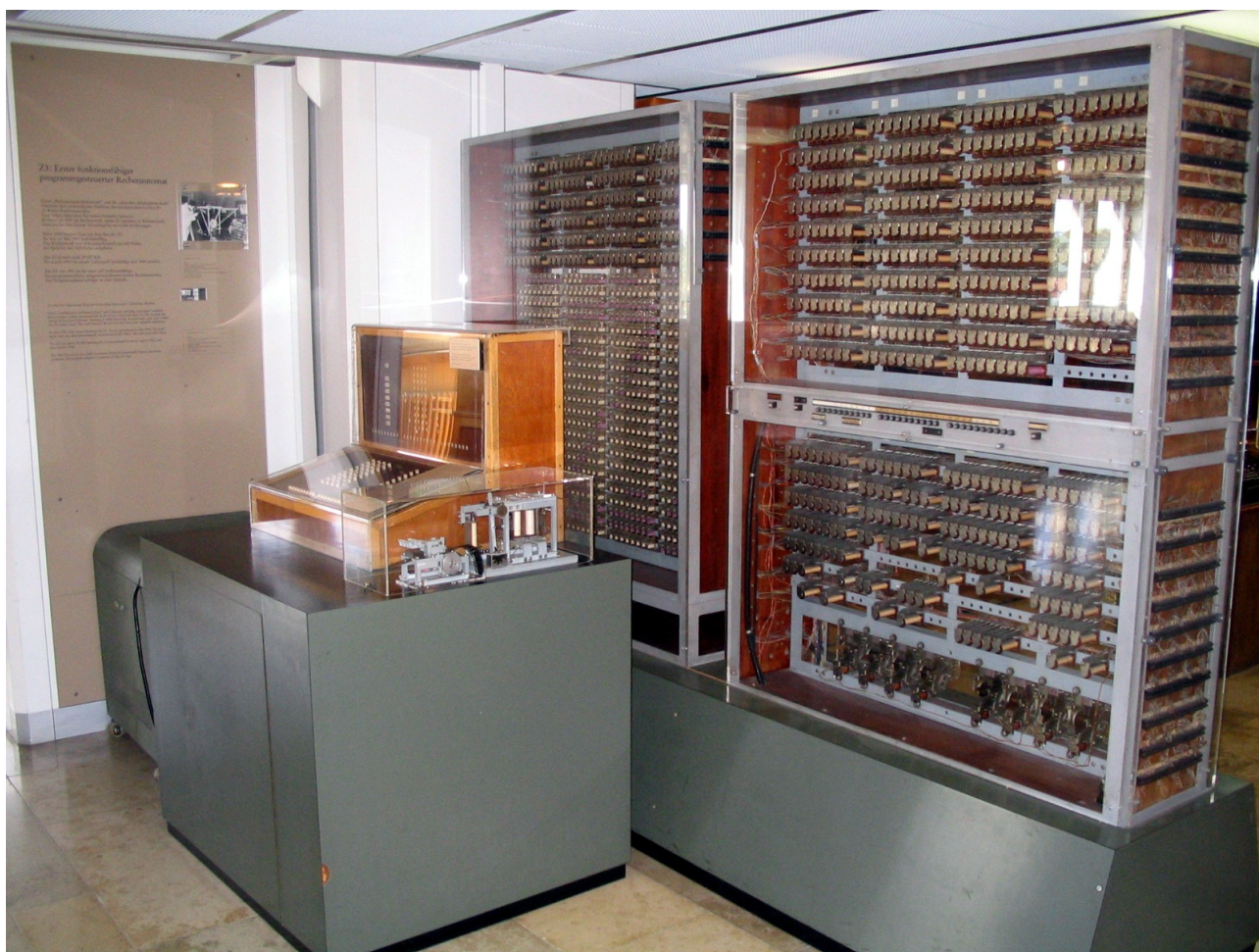
A huszadik századra a korábbi mechanikus számolóeszközöket újratervezték. Az új megoldások elektromos motorokat használtak, az adatok reprezentálására pedig reléket. Akkoriban a „computer” szó egy általában nők által végzett munkát jelentett, amely nem volt más, mint ezeknek a számológépeknek a kezelője. A világ legelső teljesen elektromosan működő számológépe a brit Bell cég ANITA nevű gépe volt. Ennek első változata (tehát nem a 20. ábrán látható, ami egy későbbi modell) vákuum-csőveket használt. Jól fogyott, hiszen akkoriban ez volt az egyetlen teljesen elektronikus, tehát csendes és gyors számológép.

Németországban KONRAD ZUSE (1910–1995) foglalkozott sikeresen elektromechanikus, később teljesen elektronikus számítógépek fejlesztésével. Gépeit nagyon egyszerűen Z1, Z2, Z3, Z4 névre keresztelte. Az első változat még inkább volt mechanikus, mint elektromechanikus.

A Z1 1936-ban készült el. Ez egy lebegőpontos bináris számokkal dolgozó, nagyon limitált programozhatósággal rendelkező számológép volt, amely az utasításokat egy 35 mm-es perforált filmről (lyukszalag) kapta. A gép 1938-ban készült el. Felépítése, mechanikai pontatlanságai miatt soha nem működött helyesen. 1944. január 30-án a gép és az eredeti tervrajzok elpusztultak a Brittek légitámadása során. A Z1-et Zuse a Siemens anyagi támogatásával 1987–1989-ben újraalkotta – közben szívrohamot is túlélve.



20. ábra: ANITA Mk VIII.



21. ábra: A Z3 rekonstrukciója a Deutsche Muzeum kiállításán

1939-ben Zuse-t katonai szolgálatra rendelték be, ahol a feladata számológépek fejlesztése volt. Ennek során készült el először a Z2 1940-ben. A Z2 valójában a Z1 továbbfejlesztése volt, telefonreléket használva.

1941-ben Konrad Zuse a Z2-ből továbbfejlesztve megalkotta a Z3-at, amely a világ első működőképes elektromechanikus, programozható, teljesen automatikus digitális számítógépe volt. 2000 relét tartalmazott, 22 bites szavakkal dolgozott nagyjából 5-10 Hz frekvencián. A programkódot lyukasztott filmen kapta, míg az adatok egy 64 szavas memóriában tárolódtak, vagy billentyűzetről voltak bevihetők. A Z3 teljesen megfelelt a Turing-gép követelményeinek.

Zuse munkatársa azt javasolta, hogy építsék át a gépet relék helyett vákuumcsöveket használva kapcsolóelemeleként. Miután a szövetségesek légitámadása során az addigi gépek megsemmisültek, Zuse elkezdte a Z4 építését, ám újabb légitámadásban minden elpusztult, amely gyakorlatilag hosszú időre véget vetett a fejlesztő munkának.

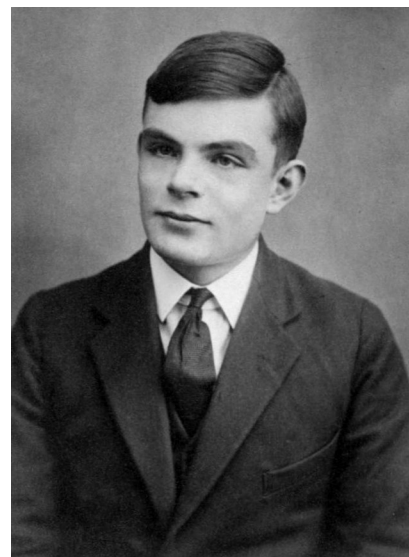
Mivel a háború után Zuse-t is háborús bűnösneként kezelték, a munka sokáig nem folytatódhatott a háború után sem. Egészen 1949-ig kellett várni az újrakezdésre.

Szintén a II. Világháborúhoz kapcsolódóan születtek további elektromechanikus eszközök is. Ilyen volt a németek által rejtjelezett szöveg előállítására használt Enigma és az ennek megfejtésével foglalkozók gépei. Kicsit talán ironikus, hogy végül a megfejtést nem a sok matematikus munkája, hanem egy zsákmányolt Enigma gép tette lehetővé.

A rejtjelek megfejtését hivatott gép fejlesztését az angol ALAN TURING (1912–1954) vezette. Turing munkájának azonban nem a kódfejtés szempontjából van jelentősége, hanem azért, mert megalkotta elméletben a Turing-gépet. Ez az elmélet gép egy univerzális gép, amely egy szalagon kapott adatokat dolgoz fel. A lényeg, hogy Turing megmutatta, hogy a gép bármilyen automatizálható feladatot képes végrehajtani, amennyiben a szalagon bármely adatot szabadon elérhet és módosíthat.

Manapság ha egy gép működéséről bebizonyítható, hogy ekvivalens a Turing-féle géppel, akkor azt a gépet *teljes Turing-gépnek*, azaz **univerzális gépnek** tekintjük.

Még egy elektromechanikus gépet érdemes megemlíteni: az 1944-ben épült Harvard Mark I-et. Másik neve Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC). A Harvard Egyetem matematikusai készítették a gépet (innen a neve). A Z3-hoz hasonló gép volt, de azzal ellentétben nem volt teljes Turing-gépnek tekinthető.



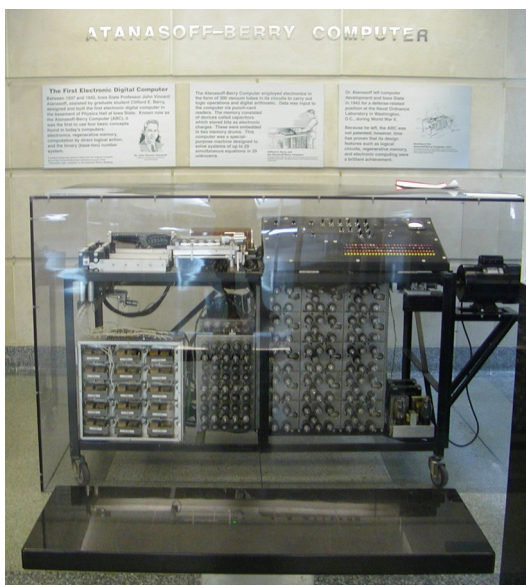
22. ábra: Alan Turing 1927-ben

2.1.3. Elektronikus eszközök

1930-ban Londonban már kísérleteztek a telefonközpontok teljesen elektronikus működésűvé alakítására, vákumsövek (más néven elektroncsövek) felhasználásával.

1937–1939 között Arthur Dickinson (IBM) kifejlesztette az első digitális elektronikus számítógépét.

John Vincent Atanasoff és Clifford E. Berry 1942–43-ban megalkotta a világ első, teljesen digitális, binárisan működő számítógépét, az Atanasoff-Berry Computert (ABC). Ez a gép 300 vákumcsövet használt, egy forgó dobmemóriával. Egyes források valamilyen okkal még mindig vitatják az elsőségét, amelynek oka valószínűleg az, hogy sokáig – egészen pontosan 1973-ig – kellett várni arra, hogy egy amerikai bíróság kimondja egy jogi vitában az elsőségét.



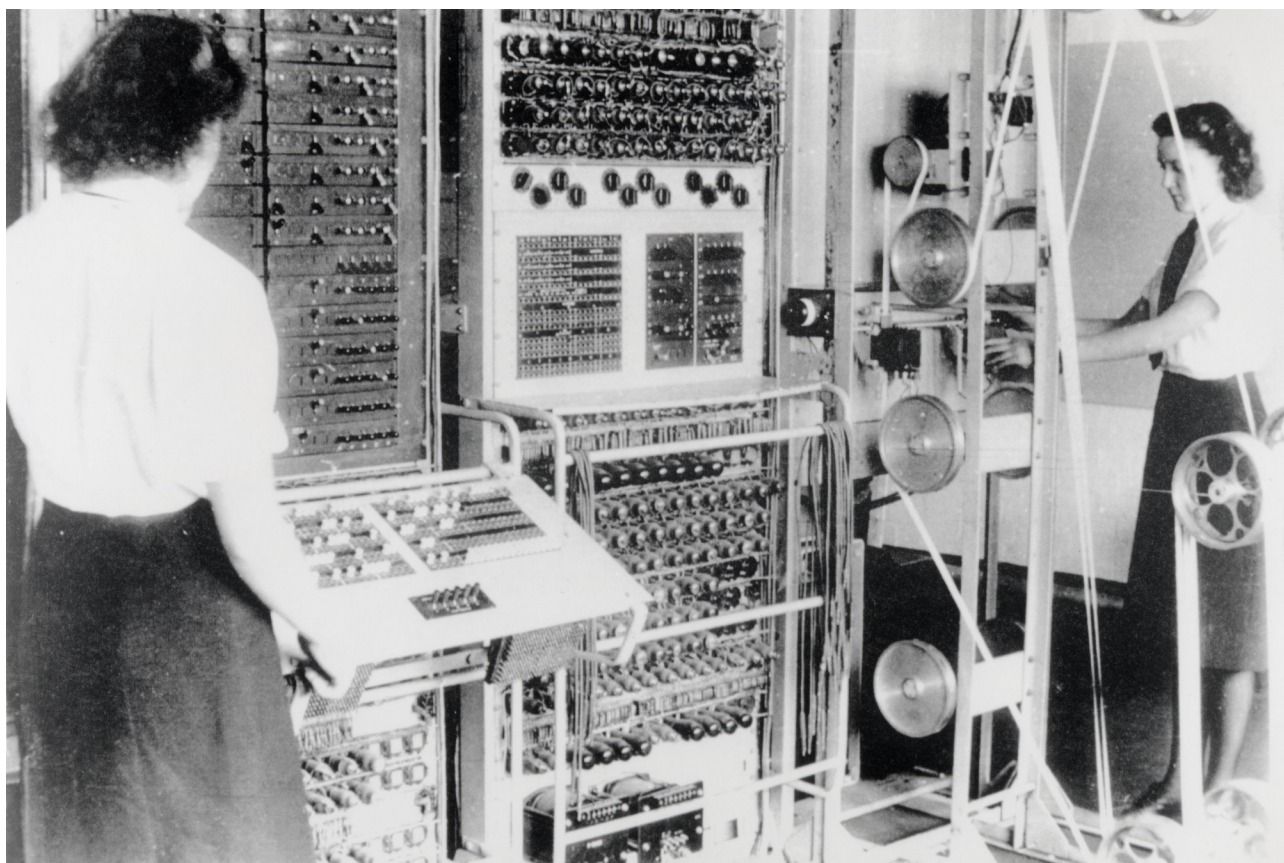
23. ábra: Az Atanasoff-Berry Computer (balra) és megalkotói: Vincent Atanasoff (középen) és tanítványa Clifford Berry (jobbra)

A második világháború alatt a németek Enigma gépével kódolt üzenetek megfejtésére alkották meg a brittek a Colossus-t.

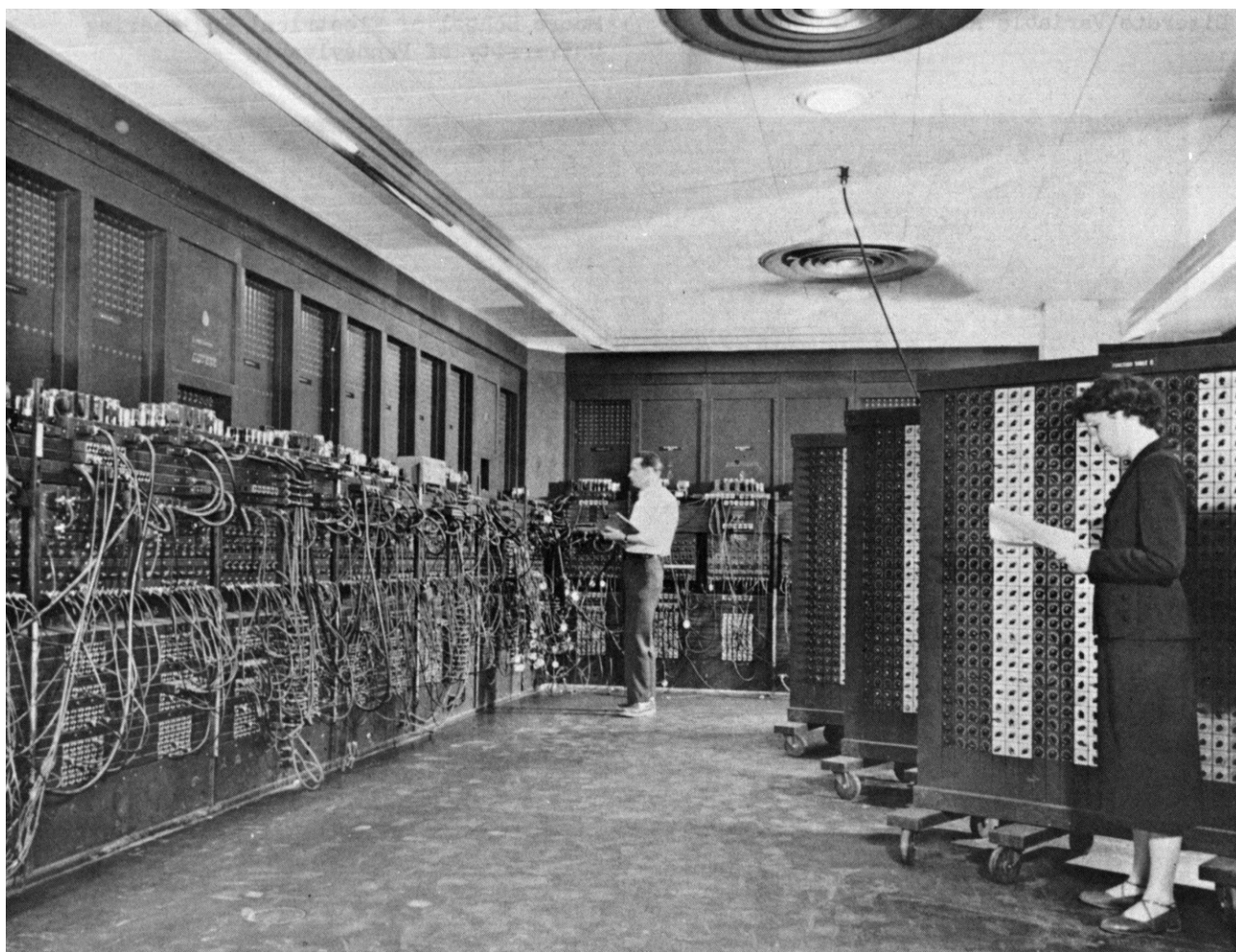
A Colossus-t Tommy Flowers fejlesztette ki a Bletchey Parkban, Angliában. Alan Turing matematikai elméleteinek is szerepük volt a gép tervezésében. Az első prototípus, a Colossus Mark 1, 1943. decemberében készült el és 1944. elején használták a kódfejtők. A továbbfejlesztett Colossus Mark 2 már négyszeres sebességgel dolgozott 1944. június 1-től kezdve. A háború végén már tíz Colossus-t használtak és a tizenegyedik építése is folyamatban volt.

A Colossus gépek létezését egészen az 1970-es évek közepéig titokban tartották, bár néhány információ már az 1940-es évek végén felhasználásra került az amerikai fejlesztésekben is.

A Colossus már elektroncsöveket használt. Lyukszalagon kapta az adatokat és a program utasításait. Különbőféle logikai műveleteket tudott végrehajtani az adatokon. De nem volt teljes Turing-gép. A gép másodpercenként 5000 karaktert tudott feldolgozni.



24. ábra: A Britt Colossus, amelyet a német Enigma által kódolt üzenetek megfejtésére használtak a brittek (forrás: Wikipedia)



25. ábra: ENIAC (forrás: Wikipédia, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Eniac.jpg>)

1943–46: ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) A gép programozása az egyes egységek közötti kábelek megfelelő elhelyezésével történt. Nagysebességű memóriája mindössze 20 szót tudott tárolni. A gép tízes számrendszerben működött, 30 tonnát nyomott, 200 kilowatt áramot fogyasztott és 18 000 vákuumsövet, 1 1500 relét és több százezer egyéb elektronikai eszközt tartalmazott. A gép másodpercenként 5000 összeadást vagy kivonást tudott végrehajtani. Persze tudott összetettebb műveleteket is végrehajtani.

Már amikor működőképes volt, hiszen a 18 000 elektroncsőből átlagosan óránként egy tönkrement. Ez azt jelenti, hogy egy-két napig működött, majd keresni lehetett a tönkrement és kicserélendő elektroncsöveket, majd azok cseréje után újra lehetett egy darabig használni.

Félreértés ne essék: akkoriban az ENIAC jóval gyorsabb volt az éppen létező bármely másik számítógépnél!

Fontos megjegyezni, hogy a gép elkészítéséhez felhasznált tervrajzok egy része úgy született, hogy azt John Mauchly lemásolta az ABC terveiről. Eckert és Mauchly szabadalmi kérvényt nyújtottak be, miszerint ők a digitális számítógép feltalálói. Ám 1973-ban a szabadalmi bíróság kimondta, hogy ez a szabadalom érvénytelen, a digitális számítógép feltalálója John Atanasoff, aki viszont soha nem szabadalmaztatta találmányát.

Az ENIAC fő tervezője egyébként az említett John Mauchly és J. Prespert Eckert volt, de részt vett a gép megépítésében Neumann János is.

Az ENIAC-kal elérkeztünk időben oda, ahonnan már nem érdemes minden számítógépet sorban megemlíteni. Van persze még néhány nevesebb gép, de inkább azok a technikai újítások a lé-

nyegesek, amelyek ezekre a gépekre jellemzőek. Ezeket a technikai újításokat szokás a számítógépek generációjába sorolni.

2.1.4. Számítógép-generációk

Első generáció

Elektroncsövek használata jellemző erre a generációra. Tehát az eddig említett elektronikus számítógépeket mind ide kell sorolni. Így az ABC-t és az ENIAC-ot is. Fontos megemlíteni az ENIAC-ot követő, még nem tárolt programú gépet, az EDVAC-ot. Mégpedig azért, mert a ma használatos számítógépek működési elvét az EDVAC tervezése során fogalmazta meg Neumann János. A következő leckében erről a Neumann-elvről lesz majd szó.

1948: Manchester Small-Scale Experimental Machine, „Baby”: A világ első tárolt programú gépe, amelynek nyomán indult el a Manchester Mark 1 fejlesztése. Valójában ezt a gépet a Williams-cső, az első valóban közvetlen elérésű memória tesztelésére hozták létre. Szintén ebből a gépből fejlesztett tovább a világ első kereskedelmi forgalomba került tárolt programú (Neumann-elvű) számítógépét, a Ferranti Mark 1-et.

1949: EDSAC: A University of Cambridge Neumann-elvű gépe.

Maga Neumann János a saját működési elveit alkalmazva építette meg az **IAS-t**, amely szintén az első generációs számítógépek közé tartozik. A gép elnevezése az intézetből származik (*Princeton's Institute of Advanced Studies*), amelynek keretein belül megépült.

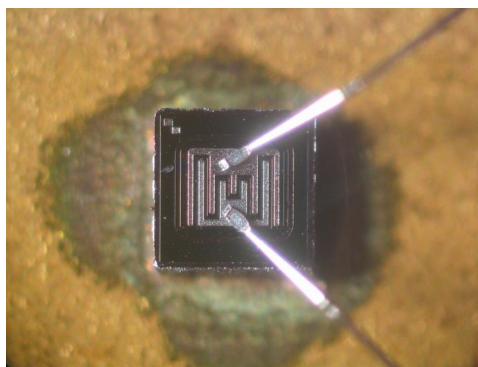
Erre a generációra a nagy méretű, logikai kapcsolóként elektroncsöveket alkalmazó gépek jellemzőek. Ezek a gépek memóriaként a legtöbbször mágnesdobot, soros elérésű higanyos késleltetőket vagy a Williams-csőt használták. Utóbbi egy katódsugárcső, amely már képes volt a 0/1 értékű bitek bármelyikének értékét közvetlenül elérhetővé tenni. A gépek műveleti sebessége az ENIAC 5000 összeadás másodperce környékén mozgott.

Második generáció (1955–1965)

1947-ben fejlesztették ki a *tranzisztorokat*, amelyek az elektroncsövek feladatait kisebb fogyasztással, gyorsabban, kevesebb hőt termelve és nagyobb üzembiztonsággal tudták elvégezni. Az első számítógépek, amelyekben a vákumcsövek helyett tranzisztorokat alkalmaztak, 1955-ben jelentek meg.

A második generációs gépek a tranzisztornak köszönhetően kisebb méretűek, alacsonyabb fogyasztásúak és kevesebb hőt termelő gépek voltak. Ráadásul a tranzisztor sokkal kevesebb meghibásodással működött, így a gépek megbízhatósága is nőtt, ahogyan a sebességük is.

Ezekre a gépekre nyomtatott áramkör jellemző, amelyen a tranzisztorok, diódák elhelyezkedtek. Memóriaként jellemzően elterjedt a mágnesgyűrű használata. Az angolul „*magnetic-core memory*” néven ismert memória apró kis mágnesgyűrűkből (*core*) állt. Minden gyűrű egy bit információt tudott tárolni. A mágnesezés iránya alapján dőlt el, hogy a tárolt érték 0 vagy egy. Ám kiolvasása a tárolt értéket törölte (destruktív olvasás). Előnye viszont ennek a memóriafajtának az volt, hogy ha nem történt írás vagy olvasás, akkor az áram kikapcsolása után is megtartotta a mágnesezettségét, azaz a beleírt adatokat.



26. ábra: Egy bipoláris tranzisztor (Wikipedia)

A műveleti sebesség is jelentősen megnőtt 50 000 – 100 000 művelet/másodpercre. A sebességnövekedés a felhasználási terület kiszélesedésével is járt. Megjelent az *operációs rendszer*, mint a gépet vezérlő alapprogram.

Néhány második generációs számítógép:

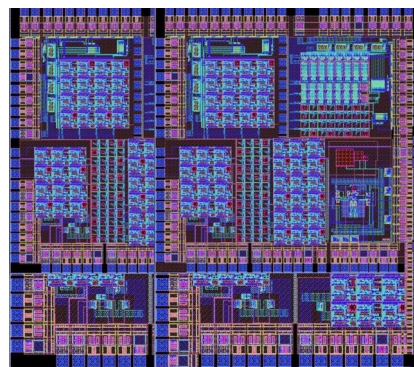
- 1953: University of Manchester: Transistor Computer, kísérleti gép
- 1954: Bell Labs TRADIC, kísérleti gép
- 1955: Hardwell CADET
- 1956: Electrotechnical Laboratory ETL Mark III (Japán), MIT TX-0, Metrovick 950
- 1957: Burroughs SM-65 Atlas ICBM, Univac TRANSTEC, Univac ATHENA, IBM 608
- 1958: Siemens System 2002
- 1959: PDP-1
- 1961: NEC NEAC 2205, Zuse Z23

Harmadik generáció (1965–1980)

A félvezető ipar fejlődésének köszönhetően egy félvezető csipen egy idő után több tranzisztornyi áramkör is kialakíthatóvá vált. Ennek eredményeként megjelentek az *integrált áramkörök* (*Integrated Circuit = IC*). A gépek további gyorsulása mellett megjelent a párhuzamos működés, a grafikus monitor – egyáltalán a monitor, mint kimeneti eszköz –, és magas szintűnek számító programozási nyelvek, mint például a BASIC is ekkoriban jelentek meg.

Mivel a mérete, ára is csökkent a gépeknek, így az úgynevezett *miniszámítógépek*, azaz a harmadik generációs gépek forgalma jelentősen megnőtt. Gyakorlatilag ebben az időben kezd el igazán terjedni a számítógépek használata. A generáció vége felé még az első személyi számítógép is megjelenik, egyelőre csak kuriózumként.

Megjelentek az úgynevezett *távoli terminálok* is, amelyekkel telefonvonalon keresztül lehetett a számítógépre (*mainframe*) bejelentkezni és azon dolgozni. Amellett, hogy ez a számítógép-hálózatok megjelenésének előjele volt, egyben az olyan számítógépek kifejlesztését is igényelte, amely képes egyszerre több felhasználót kiszolgálni, akár több programot is párhuzamosan – időosztásos technikával – futtatni. Ne feledjük: a Unix operációs rendszer az 1960-es évek elején jelent meg.



27. ábra: Integrált áramkör nagyított belső képe (Wikipedia)

Negyedik generáció (1980-tól)

Elkészül az első mikroprocesszor, amely ismét forradalmi változást hoz a számítógépeknél: mostantól egy teljes számítógép elfér egyetlen félvezető lapkán. Ezzel megjelenik a mai értelemben vett processzor. A gépek immár annyira kis méretűvé válnak, hogy elférnek egy íróasztalon mindenestül. Sebességük nő, áruk csökken, így elérhetővé válnak egy átlagember számára is. Megjelent a személyi számítógép. Ezeket a negyedik kategóriás gépeket nevezték el a bennük levő mikroprocesszor alapján egyszerűen mikroszámítógépek.

Megjelennek új perifériák: a merevlemez, az optikai lemez például. Rengeteg személyi számítógép kerül a piacra: Commodore gépek, 1981-ben az IBM Personal Computer, mint az első fejleszhető (nyílt architektúrájú) gép, az Apple első gépe vagy a Liza, majd 1986-ban a Macintosh.

A korszak vége felé megjelentek a személyi számítógépek hordozható változatai is. Ezeket ma is előszeretettel használjuk nem csak a kisebb méretük miatt, hanem mert például utazás közben is használhatóak.

Mindemellett viszont nagy méretű gépeket is építenek, amelyek viszont rengeteg mikroprocesszort tartalmaznak. Ezek a szuperszámítógépek, amelyek számítási kapacitása óriási.

Ötödik generáció

Az ötödik generációban már nem is a számítógép technikai újdonsága számít, hanem amire a gépet használjuk. A generáció indulását nagyjából az 1990-es évek elejére teszik.

Jellemzője a nagy fokú párhuzamosítás (lásd többmagos CPU-k elterjedése), a hálózati alkalmazások (felhő) és a mobilitás (okostelefon, tablet stb.) elterjedése. Szintén jellemző napjainkra, hogy már nem is vesszük észre, melyik eszközünkben, életünk melyik részén van jelen valamilyen számítógép (lásd RFID kártya, vagy a beágyazott rendszerek). Ma már csak hazánkban számít sci-finek az olyan hűtő például, amely ha kifogy a tej, akkor automatikusan rendel újat.

Az utolsó példa egy másik terület megjelenését mutatja: a *mesterséges intelligenciát*. Sokan a Mátrix, Terminátor és hasonló filmek kapcsán még ma is ha meghallják ezt a kifejezést, akkor valami rossz dologra gondolnak. Pedig a mesterséges intelligencia nem feltétlenül jelent öntudatra ébredő, gonosz gépeket. Mesterséges intelligencia már az is, amikor például egy közlekedési szituációhoz alkalmazkodik a forgalomirányító lámparendszer és aszerint ad több vagy kevesebb ideig tartó szabad jelzést valamelyik forgalmi iránynak, hogy mennyi autó akar arrafelé haladni. A ma divatos önvezető autó fejlesztése is elképzelhetetlen mesterséges intelligencia nélkül, amely képes váratlan helyzetekhez is alkalmazkodni.

Természetesen a fentebb említett filmeket sem szabad figyelmen kívül hagyni. Ezek a filmek jó példák arra, hogy nagyon alaposan át kell gondolnunk, mire tanítjuk meg a mesterséges intelligenciát használó eszközeinket, mert könnyen félreértelmezhetik a feladatukat és a készítőik ellen fordulhatnak – ha esetleg nem is olyan módon, mint ezekben a filmekben lehet látni.

Mi lesz a jövő?

Részben még jövő, de kezdeti megvalósítása már a jelenben is megtalálható egy teljesen újfajta számítógépnek, amely néhány évtizede még csak a fizikusok álmában létezett. Ez az ezredfordulón felfedezett kvantumfizikai jelenség, a kvantumteleportáció kapcsán említett kvantumszámítógép. A fizikusok elképzelése szerint ezek a kvantumteleportáció alapján működő gépek nem a hagyományos számítógépeket váltanák fel, hanem olyan feladatok megoldását tennék lehetővé, amelyek a hagyományos gépekkel emberi időn belül megoldhatatlanok. A témáról az alábbi címekről elindulva lehet további olvasnivalót találni:

- https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_computing
- <https://hu.wikipedia.org/wiki/Kvantumsz%C3%A1m%C3%ADt%C3%B3g%C3%A9p>
- <https://www.google.com/search?q=quantum+computer>

3. Neumann János és a Neumann-elv

3.1. Neumann János⁷

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 Miksa 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 és külföldi vendégek is gyakran megfordultak, így többek között Ortway Rudolf, a budapesti tudományegyetem elméleti fizikai intézetének igazgatója vagy Fejér Lipót matematikaprofesszor.

Neumann János már korán a kortársainál jobb képességekről tett tanúbizonyságot. Magyar anyanyelve, 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.



28. ábra: Neumann János az 1940-es években

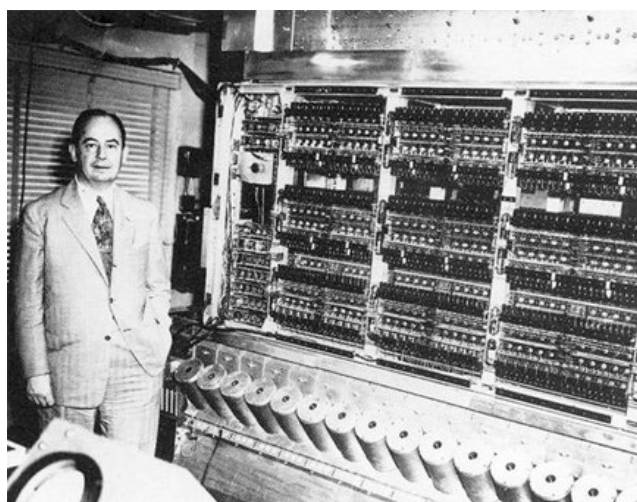
3.1.1. Iskolái és tudományos pályája

Neumann János már tíz éves kora előtt csodagyereknek számított, majd 1913-ban szülei beírták a híres fadori evangélikus gimnáziumba – hivatalos nevén: Ágostai Hitvallású Evangélikus Főgimnázium. Ebbe az iskolába járt a később Nobel-díjat szerző Wigner Jenő (1963, fizikai Nobel-díj) és

⁷ Az itt szereplő életrajzi adatok internetes forrásból származnak. A felhasznált internetes források: <http://njszt.hu/neumann/az-njszt-rol/neumann-janos-eletrajza>[3] és http://hu.wikipedia.org/wiki/Neumann_J%C3%A1nos[4]. Amennyiben valaki hibát talál a leírtakban, kérem jelezze a sir@arcania.hu címen. A képek szintén ezekből az internetes oldalakból származnak.

Harsányi János (1994, közgazdasági Nobel-díj) is, ahol mindhárman Rácz László tanár úrtól tanulták meg a matematikát.

1921-ben Neumann János beiratkozott a budapesti tudományegyetem matematika szakára. Egyetemi évei alatt sokat tartózkodott Berlinben, ahol Fritz Habertnél kémiát, Albert Einsteinnél statisztikus matematikát és Erhardt Schmidtnél matematikát hallgatott. Berlinben szorosra fűzte a kapcsolatát 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.



29. ábra: Neumann János az IAS előtt (forrás: Wikipédia)

Doktori disszertációjának címe *Az általános halmazelmélet axiomatikus felépítése* volt. 1926. március 13-án fogadták doktorrá. 1924-ben a zürichi Eigenössische Technische Hochschule folytatta tanulmányait. 1926 októberében szerezte meg vegyészmérnöki diplomáját. Ezután Göttingebe, 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 tanárai 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 ergodelméletben⁸ és kifejlesztette a „folytonos geometria” elméletét 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 félévenként Amerikában, félévenként Európában tanított. Végül, amikor Németországban hatalomra jutott a náciizmus, 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 náciizmus elleni katonai előkészületekbe. Részt vett az atomenergia kutatásában és háborús felhasználásában, majd a békés energiatermelés szolgálatában 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 tanulmányozásával 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 utánzó gépek kötötték le figyelmét. 1944-ben a pennsylvaniai egyetemen meghatározó módon járult hozzá az akkor elsőnek tekintett teljesen elektronikus, digitális számítógép, az ENIAC megépítéséhez, amely 1945-ben – más források szerint

⁸ Az ergodelmélet a káoszelmélet egyik eleme.

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 alapjait jelentő elvként, *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.

3.2. A Neumann-elv

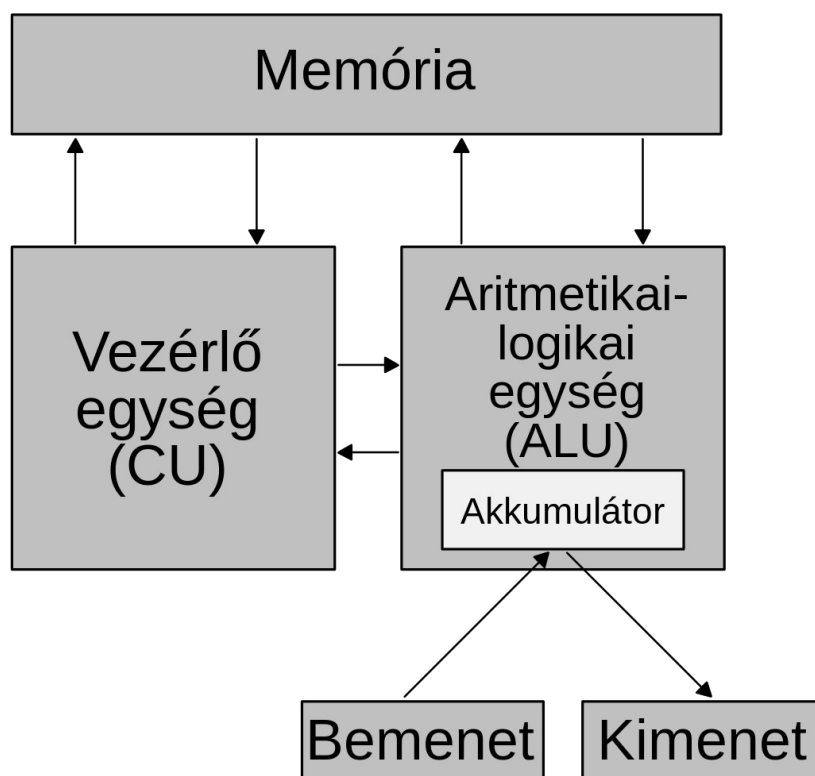
Sokat lehetne arról vitatkozni, hogy a fenti cím vajon helyes-e vagy inkább többes számban kellene írni (Neumann-elvek). Szokás többes számban is emlegetni, mert több pontba szedhető, de valójában ezek nem egymástól független elvek, hanem egyetlen egységes működési elvet írnak le. Ráadásul a *First Draft of a Report on the EDVAC* című műben nem is ebben a megfogalmazásban szerepeltek, csupán utólag, összefoglalva szoktuk így, pontokba szedve megfogalmazni.

Íme tehát a Neumann János által megfogalmazott működési elv összefoglalása, a **Neumann-elv**:

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 ennél fogva az adatok és az utasítások megkülönböztetése csak a felhasználásuk módján múljon. (Ez a kitétel főleg eleinte volt nagyon hasznos, amikor adatként kezelve az utasítást, azt maga a program módosíthatta. Így például lehetséges volt ugyanazt a műveletet több, a memória más címen tárolt adaton is végrehajtani. 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. (Legyen *teljes Turing-gép*.)
8. A számítógép legyen soros működésű, azaz a program utasításait egymás után, a programban megadott sorrendben hajtsa végre.

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

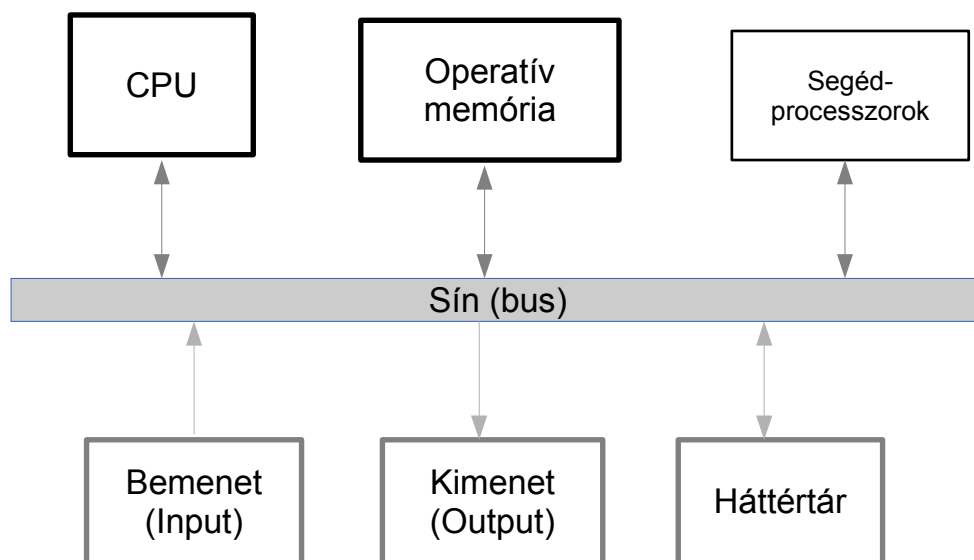
A 30. ábrán a Neumann János által megalkotott elméleti sémája látható a számítógépnek. Ezen az ábrán láthatók a Neumann-elv által meghatározott fő egységek: a Vezérlő Egység, az Aritmetikai-logikai Egység, a memória, valamint a bemeneti és a kimeneti egységek. Érdekessége az ábrának, hogy az eredeti Neumann-féle számítógépben a bemeneti és kimeneti egységek közvetlenül az ALU egyik kitüntetett szerepű regiszteréhez, az Akkumulátorhoz kapcsolódtak. Mivel manapság a Vezérlő Egység és az ALU egy integrált áramkörre került, míg a bemeneti és a kimeneti egységek ettől önálló megvalósításúak, nyilván ma már nem ilyen módon valósul meg a számítógép és a külvilág közti kommunikáció, de az akkumulátor nevű regiszter valamilyen formában a mai processzorok egy részénél továbbra is jelen van: ez az a regiszter, amelybe az ALU által végrehajtott művelet eredménye belekerül. A mai processzorok egy részénél továbbra is van egy kitüntetett eredmény-regiszter, más processzorok esetén több regiszterbe is belekerülhet a művelet eredménye.



30. ábra: A Neumann-féle számítógép felépítése

4. A Neumann-elvű számítógépek elvi felépítése

A mai Neumann-elvű számítógépek felépítése már valamelyest eltér az eredeti Neumann-féle felépítéstől, ahogyan az a 31. ábrán is látható.



31. ábra: A Neumann-elvű számítógépek elvi felépítése

Az eredeti elrendezéssel összehasonlítva, a vezérlő egység és az aritmetikai egység önálló egységként eltűnt, helyettük megjelent a *CPU* nevű egység. Emellett minden egységet egy *sín*, angolul *bus* köt össze. A memória megmaradt, mint a sok sínre kapcsolódó elem egyike.

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

A számítógép működése nagy részében a CPU és a memória kommunikál egymással, ami eléggé leterheli a buszt. Emiatt a valóságban általában van egy külön busz a CPU és a memória között (ezt nevezzük *memóriabusznak*), amelyhez kapcsolódik az ábrán látható sín, amely a számítógép többi részét kapcsolja bele ebbe a „beszélgetésbe”.

A CPU és a memória közti nagy adatforgalom elsődleges oka, hogy a CPU minden végrehajtandó utasítása a memóriában található. Ezért a CPU ciklikusan egy-egy utasítást olvas be a memóriából, hogy azt feldolgozza – ennek részleteit lásd a következő leckénél. Ezt a ciklikus olvasást másodpercenként nagyon sokszor képesek a ma használatos CPU-k 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 – és így drágább – áramkört építenek bele, de ezek a feladatok nem mindig szükségesek, így felesleges beleépíteni ezeket a CPU-ba egy általános célra használt számítógép esetében. Ráadásul ha ezek a funkciók a CPU-ba lennének beépítve, akkor csak a CPU többi részével együtt lennének fejleszthetők.

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

- **Matematikai társprocesszor (FPU):** A CPU-ban található Aritmetikai-logikai egységnél nagyobb pontosságú (értsd: több számjegy pontosságú) 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. Ebből látható, hogy manapság kezd ez a feladat a CPU-ba beintegrálódni. Főleg a lebegőpontos számításhoz van rá szükség, ezért *Floatingpoint Processing Unit* a neve.
- **(U)DMA: (Ultraquick) Direct Memory Access,** a memória és a kimeneti/bemeneti egységek vagy a háttértár közötti nagy mennyiségű adatmozgatás vezérlését vállalja át a CPU-tól, ezáltal jelentősen tehermentesítve azt. Enélkül gyakorlatilag lehetetlen lenne például zenét hallgatni, vagy filmet nézni számítógépen, mert annyira lassú lenne a CPU által vezérelt adatmozgatás, hogy állandóan szaggatna a lejátszás. Az egyes kimeneti/bemeneti egységeknek, háttértáraknak szintén támogatniuk kell ezt a funkciót.
- **Grafikus processzorok (GPU-k):** Ezek általában a monitoron megjelenítést végző kimeneti eszköz (videókártya) részét képezik. A grafikus megjelenítés nagyon komoly számítási feladatot jelent, amellyel már a matematikai társprocesszor sem bír el elég gyorsan – főleg, hogy az FPU a valós számokkal való számolásban jó inkább. Játékprogramok használják ki ezeket 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 van saját, az operatív memóriánál gyorsabb (de drágább) memóriája is, amelyet sokkal gyorsabban ér el, mint a gép fő memóriáját.

4.1. A központi egység és a perifériák

A 31. 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 dobozán kívülről, valamilyen kábelon 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 értelmes módon.

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

4.1.1. 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 lássa el a számítógépet, akkor nem fog működni.
- **Alaplap (motherboard):** 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 később 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 *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.

4.1.2. Perifériák

Ami az ábrából megmaradt – tehát a sín alatt 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*:

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

5. A CPU

A CPU a számítógép fő egysége. A rövidítés jelentése: **Central Processing Unit**, azaz *Központi Feldolgozó Egység*. A Neumann-elv Vezérlő egységét és az Aritmetikai-logikai egységet egy integrált áramkörben egyesítő egységről van szó, amelyet szokás *mikroprocesszornak* vagy röviden *processzornak* is nevezni. A mikroprocesszor elnevezés eredeti oka, hogy az első generációs számítógépek tudását egyetlen kis szilíciumlapkán képes megvalósítani, így jóval kisebb méretet eredményezve azokhoz képest.

5.1. A CPU főbb felépítése

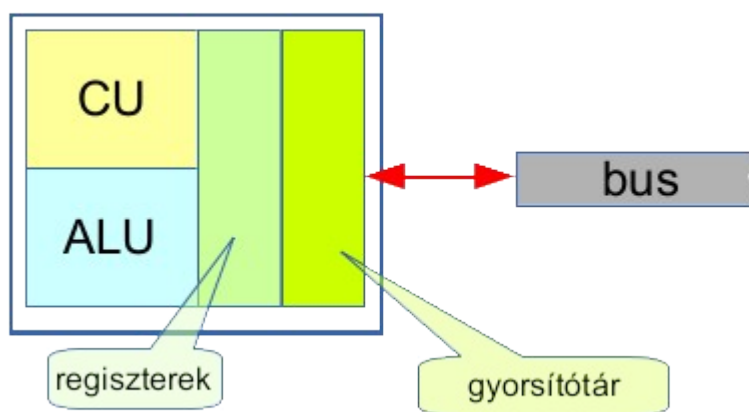
Az 32. ábra a CPU elvi felépítését mutatja a legfontosabb elemekkel. A CPU valójában a Neumann-féle számítógép elemeiből hármat tartalmaz:

CU = Control Unit: *Vezérlő egység*, amely a számítógép működését ténylegesen vezérlő áramkörökből áll.

ALU = Arithmetical-Logical Unit: *Aritmetikai-logikai egység*, amely a számításokat végzi.

Akkumulátor: már igazából nem olyan kiemelt szerepű, de a legtöbb CPU-ban még létezik kitüntetett regiszter, amelybe az ALU az elvégzett művelet eredményét elhelyezi.

Az alábbiakban a CPU egyes elemeit az ábra alapján részletezzük.



32. ábra: A CPU felépítése

5.1.1. Control Unit: Vezérlő egység

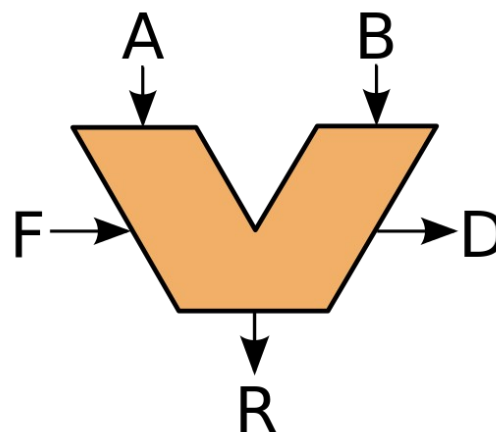
A *Vezérlő egység*, angolul **Control Unit** a CPU azon áramköri része, amely az utasításkódban levő megfelelő bitek alapján a CPU további részeinek – egyes esetekben a CPU-n kívül található egységeknek is – megfelelő vezérlőjeleket továbbít, amely alapján azok az egységek valamilyen *műveletet* hajtanak végre. Ez lehet adat beolvasása az operatív memóriából egy regiszterbe, egy regiszter tartalmának egy memóriacímre való kiírása, vagy valamilyen aritmetikai művelet végrehajtása a regiszterekben található adatokkal. A Vezérlő egység feladata tehát az egész számítógép működésének vezérlése.

5.1.2. Aritmetikai-logikai egység (ALU)

A 33. ábrán látható az ALU sematikus ábrája, amit szakkönyvekben szokás használni, ahol a CPU belső felépítését tárgyalják. Az A és B betűk a két bemenetet mutatják, míg az R a kimenetet. Ezen felül bemenő feltételek, és a művelet végrehajtása során keletkezett eseményeket (például hibák) mutatja az F és D betű. Az ábra értelmezhető egy bites ALU-ként is, amely esetben a D a keletkezett *átvitelt*, az F pedig az előző helyiértékről érkező *átvitelt* jelzi, de több bites ALU esetén is van be-

menő feltétel és kimenő állapotjelző. Az F-be mindkét esetben beleértendő még a vezérlő egységtől érkező vezérlőjel is, amely meghatározza, hogy az ALU-nak milyen műveletet kell A-n és B-n végrehajtania.

Maga az *Aritmetikai-logikai egység* végzi a CPU-ban a számításokat és a logikai műveleteket. A számítások a kettes számrendszernek köszönhetően az *összeadásra, kettővel szorzásra* (azaz egy helyiértékkel balra léptetésre) – esetleg kettővel való egész osztásra, azaz egy helyiértékkel jobbra léptetésre –, valamint *1-gyel való szorzásra* korlátozódnak, mivel a többi számítás visszavezethető ezekre. Ezen felül az ALU-nak még tudnia kell két számot összehasonlítva megmondania, hogy egyenlők-e vagy valamelyik nagyobb (ekkor a választ a D-ben kapja meg a CPU), illetve *logikai bitműveleteket* elvégezni, mint az *És*, *Vagy* és *Nem*.



33. ábra: Az ALU sematikus rajza
(forrás: Wikipédia)

A valós számokkal való számolásra szolgáló FPU valójában az ALU továbbfejlesztésének tekinthető CPU. A grafikus segédprocesszorok (GPU) belsejében szintén vannak olyan ALU egységek, amelyek a grafikus számításokhoz szükséges műveleteket tudják gyorsan végrehajtani. Ráadásul többet is egyszerre, hiszen többen vannak. Ám a CPU-ban általában csak a fent felsorolt alpműveletek elvégzésére képes ALU található, esetleg több, hogy az utasítások végrehajtása párhuzamosítással gyorsítható legyen.

A CPU-k túlnyomó többségében az ALU két bemenete (A és B az ábrán) a CPU valamelyik *regisztere* lehet csak, ahogyan a kimenete is (R az ábrán) csak valamelyik *regiszter* lehet. Ez a megkorlátozás jelentősen leegyszerűsíti a processzor *áramköreit* és az *utasításkészletét* is. Az ilyen processzorok esetében tehát először mindig be kell tölteni a megfelelő regiszterekbe az adatokat, majd az eredményt szintén külön utasítással lehet a regiszterből a memóriába másolni. Egyes processzorokban az ALU kimenete csak egy meghatározott regiszter lehet, ami megfelel az eredeti Neumann-féle számítógép felépítés *akkumulátorának*. Más processzorok ezt a megkorlátozást nem tartalmazzák, amely könnyebb programozást, de valamivel bonyolultabb, így drágább áramkört jelent.

5.1.3. Regiszterek

Belső *adattárolók*, zömében valóban adatok tárolására szolgálnak, de egy részük a CPU működésével kapcsolatos állapotjelzőket tárol. A regiszterek egyike valójában az *akkumulátor*, ha van egyáltalán kiemelt regiszter. Egyes CPU-k bármely regiszter tartalmát képesek a memóriába küldeni, ezeknél nincs akkumulátor szerepű regiszter, másoknál valamelyik regiszter(ek) rendelkezik azzal a kiváltsággal, hogy akkumulátorként képes viselkedni.

Minden CPU-ban más regiszterek vannak, de ezek a regiszterek néhány funkcionális csoportba oszthatók:

1. **Tényleges adatregiszterek** vagy **általános regiszterek**, amelyek tartalmával az ALU számításokat végez. Ezek azok a regiszterek, ahova a CPU a memóriából az adatot betölti, hogy számításokat végezhesse rajtuk. A legtöbb CPU csak ezekkel a regiszterekkel tud számolni közvetlenül, a memória tartalmával nem. Nyilván mivel ez gyorsabban elérhető minden egyéb tárolónál, ezért igazából ez nem jelent hátrányt. Ellenkezőleg: ezzel kikényszeríthető a programozókból a sebesség-hatékony megoldás, szemben az esetleg állandóan a memória és a CPU közötti adatmozgást alkalmazó számítási módokkal.

2. **Adminisztratív regiszterek**, amelyek a CPU működését befolyásolják. Legfontosabb közülük a minden CPU-ban valamilyen megnevezéssel megtalálható **utasításszámláló** regiszter, amely mindig a következőnek betöltendő utasítás *memóriacímét* tárolja. Később a memóriánál látni fogjuk, hogy egy CPU-t úgy kell legyártani, hogy áram alá helyezésekor ebben a regiszterben az a cím jelenjen meg, amelyről induláskor az első utasításkódot fogja kapni a CPU. Ide tartoznak az utasításszámlálón kívül még további *címregiszterek* is, valamint a *ve-remregiszter*. Ezek olyan speciális memóriacímeket tárolnak, amelyek bizonyos programozási módszereknél használatosak.
3. **Állapotjelzők**: Olyan regiszterek, amelyek egy-egy bitje valamilyen esemény bekövetkezését jelzi. Ilyen jelző (*flag*) például a számítás során történt *túlcsordulás* vagy a kivonás utáni nulla eredmény, negatív vagy pozitív eredmény jelzésére szolgáló bit. Ezek az állapotjelzők egyes utasítások működését befolyásolják. Ilyen módon lehet valamilyen feltétel esetén a végrehajtást más utasításra küldeni, mint abban az esetben, ha a feltétel nem teljesült.

Egy adott CPU regiszterei mindig meghatározott számú bit tárolására képesek. Gyakorlatilag amikor azt mondjuk, hogy a CPU 32, 64 vagy 128 bites, akkor azt mondjuk meg, *az egyes regiszterek hány bit méretű adat tárolására képesek*. Ez persze meghatározza, hogy mekkora pontosságú számokkal tud számolni. De ugyanígy meghatározza a CPU által *megcímezhető memória méretét* is, hiszen azok a regiszterek is, amelyek memóriacímeket tárolnak (amelyek közül az egyik az utasításszámláló) ennyi bitet tárolnak. Amennyiben például a processzor 32 bites, akkor 2^{34} byte, azaz 4 Gbyte memóriát képes megcímezni. Ugyanígy egyébként a beolvasott utasításkód is egy speciális regiszterbe kerül, amelynek mérete meghatározza a lehetséges utasítások maximális számát.

Ezt az értéket, vagyis a regiszterek méretét nevezzük **szóméretnek**, hiszen a CPU ilyen méretű *adat-szavakkal* képes dolgozni.

Minél nagyobb egy CPU szómérete, annál bonyolultabb áramköröket igényel és annál több energiát fogyaszt, éppen ezért például az egyszerű mikrovezérlőkben használt CPU-k esetén a szóméret 4, esetleg 8 bit, ami arra a célra elég. A személyi számítógépekben ma használatos szóméret már 64 bit (az ezredfordulón még csak 32 bit volt), de egyes célszámítógépekben nem ritka a 128 bites szóméret sem.

5.1.4. Gyorsítótár

A CPU fejlesztők az áramkörök miniaturizálását a sebesség növelésére, míg a memóriák fejlesztői a kapacitás növelésére fordítják. Ennek eredményeként a sebességkülönbség a CPU és a memória működése között egyre nő. Emiatt folyamatosan nő az a probléma, hogy a *memória lassabban küldi az adatokat* – és a programutasításokat – a CPU felé, mint amilyen ütemben annak szüksége van rá.

Emiatt jelent meg a processzorokban a **gyorsítótár**, amely segítségével a CPU *előbb beolvasa* a memóriából annak tartalmát, mint hogy szükség lenne rá. Ez persze önmagában még nem jelentene megoldást, hiszen attól, hogy hamarabb érkezik meg az adat, még ugyanolyan lassan érkezik meg.

Viszont a gyorsítótár valójában a memória *egy részének a lenyomatát* tartalmazza, amelyre várhatóan a közeljövőben a leginkább szükség lesz. Ez azt jelenti, hogy nem csak az kerül ide, ami-re szükség van, hanem az azt követő byte-ok is, amelyre feltehetően szükség lesz. Így a processzor akkor is adatot tölt a memóriából, amikor egyébként mással foglalkozik. Ráadásul nem kell minden adatot külön elkérni, hanem lehet olyan kérést küldeni a memória felé, hogy egy adott címtől például egy 512 byte méretű blokkot küldjön el. Így valamivel csökken a buszon az adatforgalom, tehát hamarabb megérkezhetnek az adatok.

Ráadásul megfigyelhető tény, az úgynevezett *lokalitás elve*, amely szerint ha egy adott byte-ot kért a CPU a memóriától, akkor azt követően várhatóan a környezetét fogja ezután kérni. Azok elő-

reolvasása esetén pedig ezekre már nem kell várni, míg a memóriából megérkeznek, hanem rögtön használhatók. Ha pedig ugyanazt az adatot többször kell elérni, akkor csak az első alkalommal kell betölteni a memóriából, míg a további alkalmakkor már csak a gyorsítótárhoz kell hozzáférni. Ez jelenti az igazi gyorsulást a CPU működésében.

A gyorsítótár angol neve a *cache*. Több fajtája is van már, amelyek egyre közelebb vannak a CPU többi részéhez, de egyre kisebb méretűek, mivel egyre drágább azokat előállítani. A legnagyobb kapacitású közülük nem is a CPU-val van egybeépítve, hanem az alaplapon található a CPU foglalata mellett.

5.2. A CPU működése

Mint már szó volt róla, minden CPU-ban található legalább egy olyan regiszter, amely a következő végrehajtandó utasítás memóriacímét tárolja. Ezt a legtöbb CPU esetén – kicsit hibásan – *utasításszámlálónak* nevezik. Az elnevezés félrevezető, mert nem megszámolja az utasításokat, hanem azt tartja nyilván, hogy hol található a következő végrehajtandó utasítás kódja.

5.2.1. A CPU működési ciklusa

A CPU, azon belül Vezérlő egység működése az alábbi ciklussal írható le a legáltalánosabban:

1. Az *utasításszámláló* regiszterben található *memóriacímről* beolvas egy szót – általában 1 byte-ot, de az újabb CPU-k egyszerre ennél nagyobb egységet is olvashatnak –, amely a következő végrehajtandó utasítás bináris kódját tartalmazza.
2. A vezérlő egység *dekódolja* az utasításkódot.⁹
3. Megnöveli az utasításszámlálót, hogy a következő memóriacímre mutasson.
4. Be kell olvasni az utasításhoz tartozó további adatokat a memóriából – és szükség esetén tovább növelni az utasításszámlálót, hogy végül ténylegesen a következő utasításkód címét tartalmazza. Esetleg az utasításkód tartalmazhat más memóriacímet, amelyről az adatokat be kell olvasni, ekkor ezeket a beolvasásokat is el kell végezni.
5. A beolvasott adatokat a CPU valamely regiszterébe vagy egyenesen az ALU-ba kell elhelyezni.
6. Ha az utasítás az ALU vagy valamely speciális hardverelem használatát igényli, akkor ezeknek az eszközöknek a megfelelő vezérlőjelet el kell küldeni.
7. Az ALU műveletének eredményét egy regiszterbe vagy egy – az utasítás által meghatározott – memóriacímre kell írni.
8. Ismét az 1. ponttól folytatódik a ciklus.

Nyilván egy adott CPU esetén ezek a lépések pontosabban is leírhatók, de általánosságban elmondható, hogy minden CPU elviekben a fentiek alapján működik.

A fenti ciklushoz tartozik még, hogy az utasításszámláló is csak egy regiszter a CPU regiszterei közül, így értékét egy utasítás „szabadon” módosíthatja: megnövelheti, csökkentheti vagy új értékkel felülírhatja. Ennek hatására a program nem a soron következő utasítással folytatódik, hanem az új érték által megadott memóriacímen levő utasítással. Ez teszi lehetővé a programokban az elágazás, ciklus, függvényhívás vezérlési szerkezetek megvalósítását. Azokat az utasításokat, amelyek az utasításszámláló értékét módosítják, ezért *ugró utasításnak* nevezik. Van köztük feltétel nélküli és feltételes ugró utasítás. Utóbbi a CPU állapotjelzői által megadott valamely érték (például az ALU művelete túlsordult, nulla lett, negatív lett stb.) alapján vagy végez ugrás, vagy a sorban következő utasításon folytatódik a program.

⁹ Ez általában egy utasítás, de vannak már olyan processzorok is, amelyek párhuzamosan több utasítást hajtanak végre, amelyek kódja egy utasításkódban szerepel.

A fenti ciklus akkor indul el, amikor a CPU áramot kap. Viszont ekkor a regiszterek értéke ismeretlen. Kivéve, ha úgy vannak legyártva, hogy mindig egy alapértéket vegyenek fel ilyenkor. Ezzel beállítható egy, az adott CPU-ra jellemző kezdőérték az utasításszámláló regiszterben. Így elérhető, hogy a CPU a számítógép bekapcsolásakor *mindig egy meghatározott memóriacímről kérje az első utasítást*. Ez a számítógép elindításakor szükséges utasítássorozat első utasítása lesz.¹⁰

5.2.2. CISC és RISC processzorok

Minden CPU esetén pontosan meghatározott, hogy milyen utasításkódra mit fog csinálni. Ezt a processzor tervezésekor határozzák meg. A CPU által végrehajtandó utasítások halmazát hívjuk **utasításkészletnek**. Az ilyen utasítások sorozatából álló, tehát a CPU által közvetlenül végrehajtható programot pedig *gép kódnak* vagy *gépi kódú programnak*.

Egyes CPU-k esetében ez az utasításkód utólag módosítható, mivel a vezérlő egység belsejében egy belső program végzi az utasítások értelmezését és egyszerűbb műveletek sorozatára bontását. Ezt a belső programot hívjuk *mikrokódnak*. A mikrokóddal működő CPU neve **CISC = Complex Instruction Set Computer** (összetett utasításkészletű számítógép), míg a mikrokód nélküli, közvetlenül az egyszerű műveletek utasításaival működő CPU neve **RISC = Reduced Instruction Set Computer** (egyszerű utasításkészletű számítógép). A CISC processzorok bonyolultabb műveletekre is rendelkeznek utasítással, azonban ezek végrehajtása hosszabb, hiszen ezeket a mikrokód *alapműveletek hosszabb sorozatára* bontja fel.

A CISC processzorban valójában rejtve egy RISC processzor van, amely egy *mikrokódot* hajt végre. Ez a mikrokód egy-egy utasításkódot megvalósító mikroutasítások sorozatának halmaza, amely egy belső, nem törlődő memóriában található. Kívülről úgy tűnik, mintha a Vezérlő Egység a memóriából kapott utasításokat hajtáná végre, de valójában minden ilyen utasítást a megfelelő mikrokódbeli utasítássorozatra cserél és az abban levő mikroutasításokat hajtja végre a belső RISC mag.

Egyes CISC processzorokban ráadásul a belső mikrokódot tartalmazó memória módosítható, így a mikrokód bővítésével a processzor utólag újabb utasítások végrehajtására megtanítható. Ilyen például az Intel Pentium processzora is, amely ráadásul egy hibrid RISC-CISC processzor, mivel az egyszerűbb, egy órajel alatt végrehajtható műveletek utasításai közvetlenül a RISC magon hajtódnak végre, míg az összetettebb utasításokat a CISC mag kicseréli a mikrokód megfelelő utasítássorozatára és azokat hajtja végre a RISC mag.

5.2.3. Az órajel

A digitális elektronikai eszközök számára az *órajel* nagyon fontos, mivel ez *szinkronizálja* az eszközök különböző elemeinek működését.

A CPU esetében az órajel határozza meg *az utasítások végrehajtási sebességét*. Minden számítógép alaplappja tartalmaz egy belső órát, amely egy adott frekvencián egy szinkronizáló ütemet bocsát ki. Nyilván minél nagyobb ez a frekvencia, annál több utasítást tud a CPU végrehajtani ugyanannyi idő alatt. Ám az órajel sebessége nem állítható be akármilyen frekvenciára. Az egyes elektronikus eszközök működési sebességét a készítésükhöz használt anyag, a belső áramkörök bonyolultsága (a jel végighaladásához szükséges út hossza) egyaránt befolyásolja.

Emiatt tehát minden CPU-nak van egy frekvencia-intervalluma, amelyben működnie kell. Ha az órajel ennél magasabb, akkor képtelen időben befejezni az egyes utasítások végrehajtását. Az intervallumon belüli tényleges frekvencia ugyan változhat, de minél magasabb, a processzor annál

¹⁰ A számítógép elindításakor lezajló folyamatokról majd egy külön leckében lesz szó.

jobban melegedni fog. Emiatt, ha túl magasra állítjuk a számítógépünk órajelét, azzal **a processzor élettartamát rövidítjük meg**, de akár ki is süthetjük azt!

Persze magának a CPU-nak is lehet lassabb és gyorsabb része. Ezen felül egyes utasítások végrehajtása több műveletet, így több ciklusidőt igényelhet. A CPU sebessége nem mondja meg pontosan, hogy másodpercenként hány utasítást fog végrehajtani, csupán azt, hogy hány alpműveletet. Ráadásul a manapság használatos processzorok már képesek párhuzamosan több utasításon dolgozni: mialatt az első utasítás számítását végzi az ALU, a CU már a következő utasítást dekódolja, a harmadik beolvasását pedig már kezdeményezte is. Ezt hívják csövezeték (*pipeline*) végrehajtásnak.

Az órajelet és a CPU sebességét is Hz (*hertz*), azaz művelet/másodperc mértékegységben mérjük (az SI váltószámokat használva, hiszen a mai CPU-k sebessége már a 2–4 GHz tartományba esik).

Tudni kell, hogy a szakemberek szerint hamarosan elérik a CPU-k sebességnövelésének határát, így a számítási sebesség további növeléséhez más módszereket kell keresni. Ilyen más módszer például a fentebb már említett *csövezeték*, amikor mintegy futószalagon dolgozza fel a CPU az utasításokat. Másik módszer lehet a *párhuzamosítás*, amikor egy foglalatban, vagy akár egy félvezető lapkán több CPU van egymás mellett elhelyezve, amelyek így egyidejűleg több programon, vagy egy program több, egymástól függetlenül végrehajtható ágán képesek dolgozni.

Ez a párhuzamosítás látszólag sérti a Neumann-elvet, de valójában nem, hiszen az egyes utasítások egymás utáni végrehajtási sorrendje nem változik meg, csupán *több Neumann-elvű számítógép működik egyidejűleg a processzorban*.

5.3. CPU-k csoportosítása

Fentebb már szerepelt néhány csoportosítás, amelyet most megismétlünk és kiegészítünk még néhány eddig nem szerepelt szemponttal.

5.3.1. Utasításkészlet szerinti csoportosítás

Egy processzor lehet RISC, amely esetben csak az alapvető műveletekre van utasítása, és ezekből kell a programozónak összeraknia a bonyolultabb műveleteket. A RISC processzor felépítése egyszerűbb, gyorsabb, viszont sok művelet hosszabb utasítássort igényel.

Lehet egy processzor CISC processzor is, amely esetben a processzorban egy mikrokód dekódolja az utasításokat, és felbontja alpműveletek sorozatára (mint amilyeneket a RISC is használ). Ebben az esetben összetettebb feladatokra is létrehozható utasítás. A mikrokód módosításával a processzor utasításkészlete a legyártás után is megváltoztatható. Bonyolultabb áramköröket igényel és egyes utasítások végrehajtása – a több alpművelet miatt – több órajel-ciklust igényel.

Vannak vegyes processzorok is, amelyek az egyszerűbb műveleteket közvetlenül képesek végrehajtani RISC processzorként, míg a bonyolultabb utasításokat a mikrokód bont egyszerűbb utasítások sorozatára. Ez a processzorfajta képes a másik kettő előnyeit egyesíteni, mivel csak a bonyolultabb utasításoknál használja az összetettebb áramköröket. Erre a fajtára példa az Intel Pentium processzor is.

További változatnak tekinthetjük még az ARM processzorokat, amelyek a RISC technológia egyfajta továbbfejlesztését jelentik. Az elnevezése a kifejlesztőjére, a brit *ARM Holdings*sra utal. Jellemzője az alacsony energiaigény és kevesebb hőleadás. Emiatt főképp hordozható eszközökben, mint okostelefonok, laptopok és táblagépek használják. Maga az ARM Holdings nem gyárt processzorokat, csupán azok utasításkészletét és kialakítását fejleszti. Ezeket a *specifikációkat* felhasználva aztán más processzorgyártó cégek készítik el a tényleges processzorokat.

5.3.2. Szóméret szerinti csoportosítás

Igazából nincs értelme csoportosítani, inkább a jellemzőt kell ismerni, hogy mekkora a szómérete a processzornak. Az ezredfordulón 32 bites processzorok voltak elterjedtek a személyi számítógépekben, manapság már 64 bites processzorok vannak bennük. Játékgépekben jellemző a 128 bites processzor is.

5.3.3. Párhuzamosság szerinti csoportosítás

A 32 bites processzorok, amelyeket személyi számítógépekben használtak, gyakorlatilag mind egymagos processzorok voltak, vagyis a processzorban egyetlen CPU volt. A szóhossz változásának első lépése volt a kétmagos processzorok megjelenése, ami gyakorlatilag egy időben történt a 64 bites PC-processzorokkal. A 64 bites processzoraink már gyakorlatilag mind több magosak.

5.3.4. Gyártó szerinti fajták

A személyi számítógépek processzorai esetében két nagyobb processzorgyártó verseng manapság egymással, de van még néhány kisebb gyár is. A két nagy versenytárs az Intel és az AMD. Az ő processzorai mind az első IBM PC-ben használt Intel 8088-as processzor leszármazottjának tekinthető.¹¹

Más géptípusokba természetesen más processzor-gyártók is készítenek CPU-kat. Ilyen volt az IBM és a Motorola cégek közös fejlesztése, amely hosszú ideig például az Apple Macintosh gépcsaládjának CPU-ja volt, de például a koreai Samsung cég is rengeteg processzort gyárt, főleg persze a saját mobiltelefonjaik és táblagépek számára. Az utóbbi időben azonban más gyártók (pl. Qualcomm) processzorai kerülnek ezekbe is.

5.4. Processzorok hűtése

Ahogy minden elektronikai eszköz, amely valamilyen feladatot végez, úgy a CPU is **hőt termel működése során**. Ha ezt a hőt nem vezetjük el, akkor a processzor előbb-utóbb túlmelegedne és tönkremenne. Ezért nagyon fontos, hogy a processzor megfelelő hűtést kapjon.

A leggyakoribb megoldás erre a 34. ábrán láthatóhoz hasonló *léghűtés*. A kép alján, az alaplappra szerelve található a CPU, amely fölé egy hozzá képest tekintélyes méretű alumínium (lehet réz is, a cél, hogy jól vezesse a hőt) „kocka” van elhelyezve. Ahogy a képen is látható, ebben mély rések találhatóak. Ennek célja, hogy minél nagyobbá váljon a felülete. A processzor ennek a fémrácsnak adja át a teljes felületén a hőt egy termikus gél közvetítésével, ami aztán a rácsban levő levegőnek adja azt tovább. A levegőt a fölé helyezett (a képen fekete műanyag) ventilátor kiszívja a rácsok közül, így a helyére friss, remélhetőleg kisebb hőmérsékletű levegő tud áramlani. További lehetőség még a *folyadékűtés*¹² is, amit nagyobb teljesítményű számítógépekben használnak. Minél több munkája van a CPU-nak, annál jobban fog melegedni, így annál fontosabb a megfelelően működő hűtése.

¹¹ Ez a megállapítás természetesen csak a PC-ként emlegetett számítógépek CPU-jai esetében igaz, mivel mind az Intel, mind az AMD gyárt más típusú processzorokat is.

¹² Ne keverjük össze a „vízhűtéssel”, ami elektronikai eszközöknél nem megoldható!

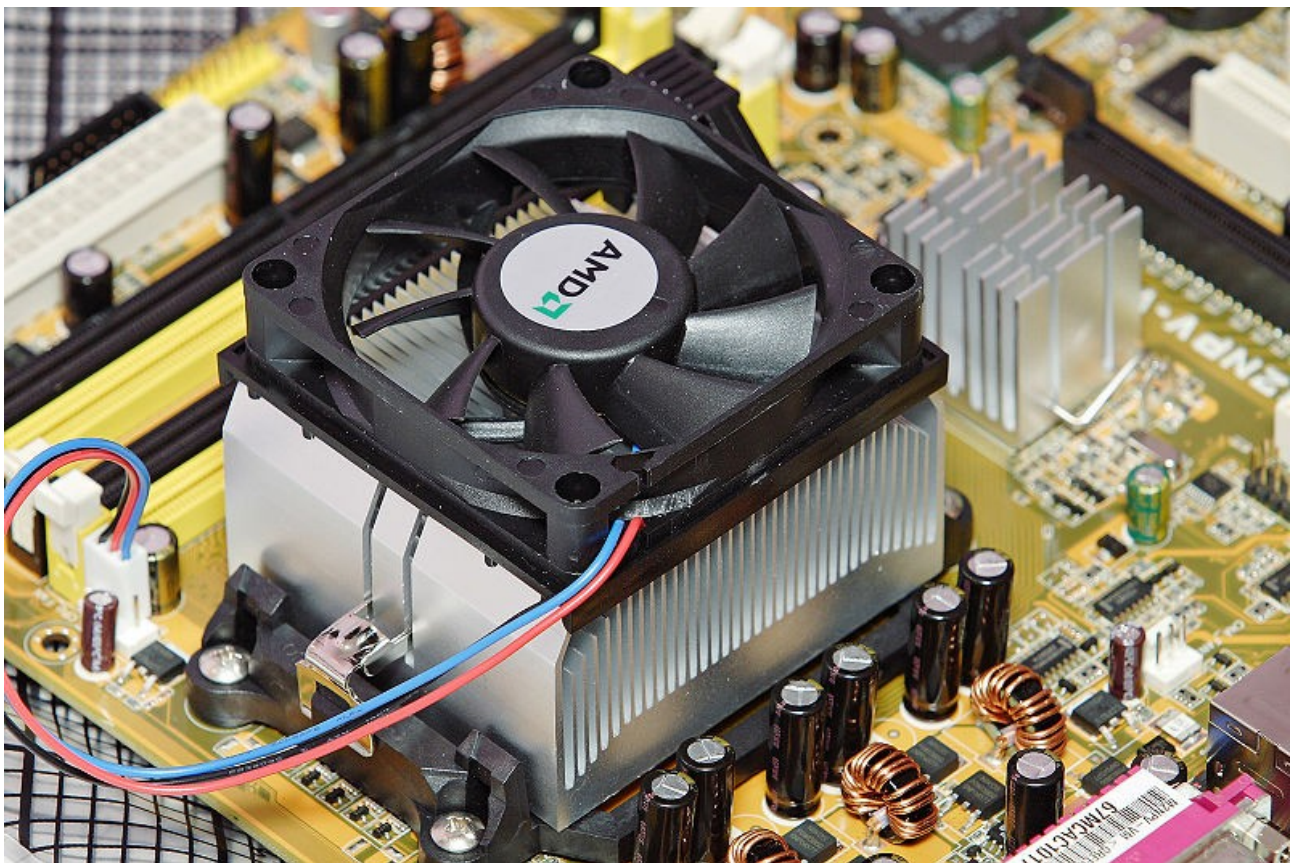
Természetesen az még önmagában nem sokat ér, ha a processzor hűtője működik. A számítógép házából hasonlóképpen szívják ki a meleg levegőt a ház ventilátorai, hogy a helyükre frissebb levegő kerülhessen a ház légnyílásain keresztül.

Ezért ha nem akarjuk tönkretenni a számítógépünket, akkor gondoskodnunk kell arról, hogy mindig jól szellőzzön és nem szabad a ház nyílásait eltakarni. Szintén fontos, hogy óvjuk a számítógép belsejét a portól, mivel ha a hűtőbordákra por rakódik le, az a hőleadás hatékonyságát jelentősen rontja. Ha pedig a ventilátor telik meg porral, akkor a levegő mozgása lassul le, vagy akár meg is foghatja a túl sok por, így megállhat a forgása, ami egészen biztosan a processzor tönkremeneteléhez fog vezetni!

Amennyiben a számítógépünk minden látszólagos ok nélkül rendszeresen újraindul, az egyik legvalószínűbb ok, hogy a CPU nem kap elég hűtést, például mert a sok por eltömte a hűtőbordákat vagy a ventilátort. Ha ilyen esetben nem tisztítjuk meg sürgősen a hűtőrendszer elemeit, akkor hamarosan új számítógépet leszünk kénytelenek vásárolni!

Természetesen nem a CPU az egyetlen része a számítógépnek, amely érzékeny a túlmelegedésre. A GPU kifejezetten komoly grafikai számításokat igénylő programok futtatása esetén szintén jelentősen fel tud melegedni, amit extra hűtőventilátorokkal lehet elkerülni, mint amilyen a 35. ábrán is látható.

Hasonlóan érzékenyek a túlmelegedésre a merevlemezek is, amelyek működésük során szintén jelentősen fel tudnak melegedni, amely hőt ha nem vezeti el rendesen a gép hűtése, akkor bizony az elektronikájukban található félvezetők gyorsan tönkremehetnek – a magam részéről két merevlemez is vesztettem már el az elégtelen hűtés miatt: a merevlemez vezérlőcsipje egyszerűen elégett.



34. ábra: Egy tipikus processzor hűtés egy AMD processzor számára (forrás: Wikipédia)



35. ábra: Három ventilátorral hűtött videokártya, amelynek célja a GPU maximális hatékonyságú hűtése (forrás: Wikipédia)

Természetesen a számítógép és az operációs rendszer is képes szabályozni a CPU terhelését, ezzel megelőzve a túlmelegedést. Ennek hatékonysága géptípustól és az operációs rendszertől egyaránt függ. Egyes géptípusok esetén még a ventilátor sebességét is lehet az operációs rendszeren keresztül szabályozni, hogy nagyobb melegedés esetén nagyobb legyen a hűtés hatékonysága is. A legegyszerűbb védelem a modern alaplapokban a fentebb már említett védelem, miszerint ha a CPU hőmérséklete egy kritikus értéket elér, akkor egyszerűen lekapcsol a gép. A lekapcsolásnál kevésbé drasztikus megoldás, amikor a CPU egyes részeit – nyilván azokat, amelyek pillanatnyilag nem dolgoznak – lekapcsolja, vagy a CPU sebessége csökken. Az ilyen megoldást – laptopokban, okostelefonokban és táblagépekben gyakori megoldás ez – angolul a *throttling* kifejezetéssel illetik.

Ahogy nő a számítási sebesség, úgy természetesen nő a hőtermelés, így a hűtés hatékonyságát is emelni kell. Ezért a nagyszámítógépek, renderfarmok, szerverfarmok és szuperszámítógépek hűtését különösen komolyan kell venni. Ezek a gépek egyébként is gyakorlatilag állandóan maximális teljesítményen dolgoznak, hiszen csak így éri meg őket üzemeltetni. Például az IBM kifejlesztett ezekhez a gépekhez olyan folyékony hűtésen alapuló rendszert, amelyben folyékony hidrogént használnak.

6. Memóriák

A számítógép memória értelmezhető úgy is, mint egyforma méretű számadatok tárolására szolgáló cellák számozott sorozata. A lényeg a folyamatos számozáson és a cellák egyforma tárolási méretén van. A ma használatos memóriák bináris számokat tárolnak, mégpedig általában minden egyes cellában 8-8 bit kapacitással.

6.1. Az operatív memória szerepe

Mint a CPU működésénél már láttuk, az *operatív memória tárolja a végrehajtandó program utasításait és az adatokat*, amelyeket a program végrehajtása során a számítógép fel fog dolgozni. A CPU amikor adatot vagy utasításkódot kér a memóriából, akkor *egy bináris számot küld neki*, amely annak a tárolóegységnek a sorszámát jelzi, amelynek tartalmát kéri. Ezt a tárolóegységet szokták *memóriarekesznek* is, vagy helyesebben *memóriacellának* nevezni. Amennyiben a CPU tárolni akar valamit az egyik memóriacellában, akkor is először annak a sorszámát küldi el a buszon, majd magát a tárolandó adatot.

A memóriacella sorszámát hívjuk **memóriacímnek**. A memóriacellák mérete általában 1 byte szokott lenni, de elképzelhető nagyobb egységekbe szervezett memória is. A modern CPU-k és memóriák képesek egyszerre több memóriacella tartalmát is kezelni. Ekkor a CPU által meghatározott memóriacímtől kezdve vagy egy előre meghatározott méretű byte-sorozat kerül továbbításra, vagy a CPU azt is meghatározza, mennyi adatot kell mozgatni. Ebben az esetben a memória egyszerűsítése kedvéért az ilyen egyszerre például 32 byte méretű adatsorozat mozgatását a memória illetve a CPU mindig 32-vel osztható memóriacímekről teszi lehetővé. Ha ettől eltérően elhelyezkedő adatot kell mozgatni, az két egymást követő adatolvasást vagy -írást igényel. Épp emiatt az Intel processzorai például csak 32 byte-os határokat tudnak a memóriában címezni és egyszerre olvassák be akkor is a 32 byte-ot, ha csak az egyik byte kell.

A fenti működési mód természetesen olyan felépítést igényel, amely lehetővé teszi, hogy a memória bármelyik tárolócellája *közvetlenül megcímezhető* legyen. Az ilyen adattárolókat nevezzük **közvetlen elérésű tárolónak**, azaz angolul **Random Access Storage**-nek. Amennyiben ez a tároló memóriaként használatos, akkor **Közvetlen Elérésű Memória**, azaz **Random Access Memory** a neve.¹³

Emellett fontos, hogy az operatív memória tartalma ne csak olvasható, hanem írható is legyen, valamint minél gyorsabban legyen képes a kért adattartalmat szolgáltatni, illetve beírni a megfelelő címre.

6.2. A RAM

A *Random Access Memory* rövidítése: **RAM**. A legáltalánosabb, ma már félvezető csipen levő memória is ezt a nevet kapta, ami megtévesztő, mivel van másfajta memória is.

¹³ Itt kell megjegyezni, hogy sok magyar nyelvű informatika tankönyvben, de néhány szakkönyvben is hibásan „Véletlen elérésű” memóriáról írnak. Ez a **Random Access** kifejezés hibás tükröfordításából származó, teljesen értelmetlen kifejezés. A **Random Access** kifejezés így együtt „közvetlen elérést” jelent, azaz azt, hogy nem más tárolóelemekkel együtt érhető el egy-egy része, hanem **külön-külön bármelyik eleméhez** hozzá lehet férni. A „véletlen elérés” kifejezésnek semmi értelme, hiszen a gyakorlatban semmire nem lehetne egy olyan adattárolót használni, amely véletlenszerűen szolgáltatja valamelyik rekeszének tartalmát.

A RAM a hagyományos operatív memória, amelynek a nevéből adódóan minden memóriacellája a többitől függetlenül, közvetlenül címezhető. A megvalósítási technológiája többféle is lehet, de egyben megegyeznek ezek a technológiák: a tartalmának megőrzéséhez feszültség szükséges. Ebből következően a számítógép kikapcsolásakor a tartalma elveszik. (Voltak már próbálkozások olyan RAM kifejlesztésére, amely áram nélkül is megőrzi a tartalmát, azonban ezek rendkívül lassúnak bizonyultak eddig ahhoz, hogy operatív memóriaként használhatóak legyenek.)

6.2.1. A RAM fajtái

Az idők folyamán a RAM-nak is többféle fajtája alakult ki. Két jellemző változata a ma használatos RAM-oknak a statikus és a dinamikus RAM. A *statikus RAM*-ban (**SRAM**) egy bit tárolása *hat tranzisztorból álló memóriacellában* történik. Ezt a memóriafajtát drágább előállítani, de gyorsabb és kevesebb energiát igényel, mint a *dinamikus RAM*. Ilyet a CPU *regisztere*i és a *gyorsítótára* használ.

Operatív memóriaként szolgáló RAM-ok általában az olcsóbb, de valamivel lassabb *dinamikus RAM*, azaz **DRAM** kategóriába esnek, ahol egy bit tárolására *egy tranzisztor és egy kondenzátor párosából kialakított memóriacella* szolgál. Maga a kondenzátor tárolja a magas (1) és alacsony (0) töltést, és a tranzisztor szolgál kapcsolóul, ha meg kell változtatni a tartalmat. Mivel azonban egy kondenzátor a töltését egy idő után mindenképpen elveszti, így az érték hosszú távú megtartása érdekében ezeket a tárolókat *rendszeresen frissíteni kell* (innen a dinamikus elnevezés), azaz a tartalmat rendszeresen újra kell benne írni. Ezt az újraírást természetesen maga a csip elvégzi, de ez több áramot fogyaszt a statikus megoldásnál. Az újraírás sűrűsége tipikusan 64 milliszekundum alatti szokott lenni.

A DRAM-nak is vannak különböző változatai. Az 36. ábrán különböző kereskedelmi forgalomban kapható DRAM-ok láthatóak. Ezek egymással nem felcserélhetők, hiszen más a csatlakozó felületük. Az alaplap minden esetben meghatározza a használható memória típusát.

Az ábrán látható rövidítések jelentése a következő:

DIP = Dual In-line Package

SIPP = Single In-line Package

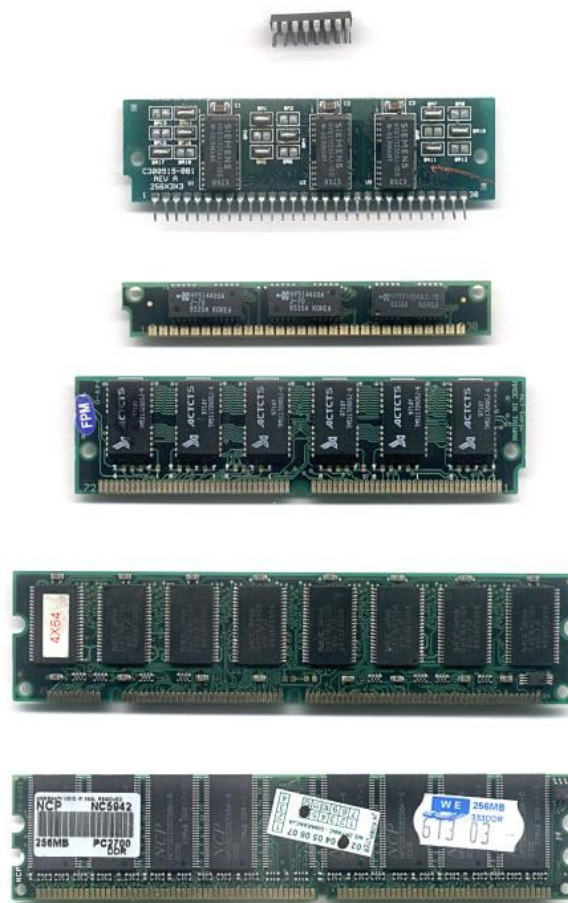
SIMM = Single In-line Memory Module

DIMM = Dual In-line Memory Module

Nem szerepel az ábrán, de létezik a **RIMM** = Rambus In-line Memory Module, ami technikailag egy DIMM, de más a csatlakozási módja, ezért van külön neve.

SO-DIMM = Small Outline DIMM: nagyjából a normál DIMM felével egyező méretű, főleg notebookokban használt memóriafajta.

Mint az ábra is mutatja, egy ilyen modul általában több csipet tartalmaz. Így a modul olcsóbb



36. ábra: Tipikus DRAM kialakítások. Fentről lefelé: DIP, SIPP, SIMM (30 lábú), SIMM (72 lábú), DIMM (168 lábú), DDR DIMM (184 lábú).

Forrás: Wikipédia

ban előállítható, mint ha ugyanazt a kapacitást egy csipnek kellene tartalmaznia, viszont többet fogyaszt és jobban melegedik.

A DRAM-nak több nagyobb csoportja van: az *aszinkron* és a *szinkron* módban működő. A különbség köztük, hogy az alaplap által szolgáltatott órajellel szinkronban működnek vagy sem. A klasszikus változatnak az aszinkron DRAM számít, amely a válaszadással nem várt a következő órajelig.

Az *Extended data out DRAM*, azaz **EDO DRAM** az egyik gyorsítási kísérletnek tekinthető. Ez a memóriefajta egy adott memória-lap (ugyanúgy kezdődő címek egy sorozata) olvasását vagy írását volt képes gyorsabban elvégezni, mint ha minden címet külön szolgált volna ki. Főleg az 1990-es évek vége felé használták videokártya memóriákban.

Az EDO DRAM továbbfejlesztéseként jött létre a **Burst EDO DRAM**, amely négy memóriacímet volt képes egy kéréssel kiszolgálni. Ez azt jelenti, hogy a CPU egyszer elküldte a címeket és ezután egyben kapta meg mindre a választ, ami kevesebb köztes üres ciklust jelentett.

Mind az EDO, mind pedig a Burst EDO DRAM aszinkron működésű volt.

Az aszinkron DRAM-mal szemben a szinkron DRAM, azaz az **SDRAM** a válaszadással megvárja a következő órajelet. Ennek előnye, hogy a CPU-hoz hasonlóan így a memória is képes a kéréseket sorba állítani, és már akkor elkezdni a következő művelet végrehajtását, amikor még nem fejezte be az előzőt. Így sokkal gyorsabban képes lehet a kéréseket kiszolgálni.

Az SDRAM további fejlesztése hozta létre a dupla adatsebességű (*double data rate*) RAM-ot, azaz a **DDR SDRAM**-ot. Ezek a 2000-ben megjelent modulok minden fél órajel-ciklus alatt tudnak egy adatot továbbítani, ezért nevezik dupla adatsebességűnek őket. Az első változat volt a **DDR1**, 2014. első felében pedig már megjelent a legújabb generáció, a **DDR4** is.

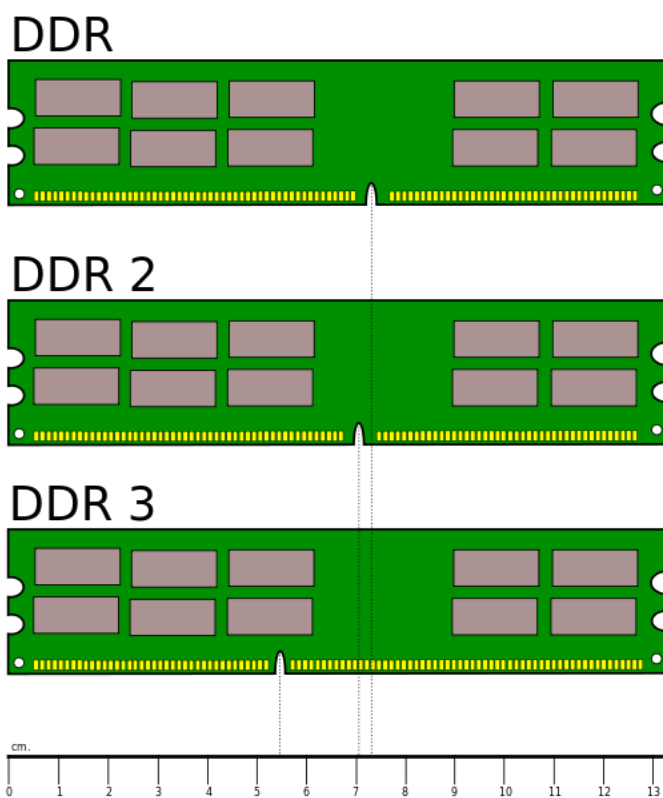
Valójában a DDR család sebessége is folyamatosan nő. A **DDR1** esetén valóban két adat továbbítódik egy ciklus alatt. Ennek a fajtának a tipikus órajelei 133, 166 és 200 MHz. Az adatátvitel során egy szóhossz 64 bit, tehát ha az órajel 100 MHz, akkor az adatátviteli sebesség ténylegesen 1600 MB/s.

A **DDR2** újabb duplázást jelent, azaz *ciklusonként 4 szót tud továbbítani*. Tipikus működési sebességek: 200, 266, 333 és 400 MHz (ez az órajelet jelenti, nem az adatsebességet!), de már létezik 533 MHz órajelen működő is (ennek a neve: DDR2-1066).

A **DDR3** ismét duplázza az adatsebességet, azaz egy órajel alatt 8 egymást követő szót tud írni vagy olvasni.

A **DDR4** első bejelentése még 2008-ban történt, de az első példányok 2014 második negyedévében jelentek meg. Várhatóan minden eddiginél alacsonyabb, 1,2 V feszültségen fog működni (a DDR3 1,5 V-on működik). Viszont ezúttal elmaradt az adatátviteli sebesség duplázása, maradt a 8 szó ciklusonkénti sebesség, a DDR3-hoz hasonlóan. Viszont ezzel együtt nőtt a működési sebesség, így valóban történik gyorsulás.

2009-ben jelent meg egy új memóriatípus, a T-RAM. Ez a DRAM és az SRAM



37. ábra: A DDR SDRAM-ok generációi

előnyeit egyesíti: nagy kapacitású és gyors. Elterjedése a jövőben várható, feltéve, hogy az ára versenyképessé teszi...

6.3. A ROM

A fentebb bemutatott memóriefajták jól használhatók operatív memóriaként, de van egy nagy hiányosságuk: áramellátás nélkül törlődik a tartalmuk.

Amikor a számítógépet bekapcsoljuk, a CPU akkor is egyből a szokásos tevékenységét végzi: az utasításszámláló regiszterben található címről bekéri a következő utasítást... Igen ám, de ha az a cím a RAM-ban található, akkor vajon mi lesz ott?

A problémát csak úgy lehet megoldani, ha egy olyan memóriát használunk, ami a RAM-hoz hasonlóan viselkedik, tehát közvetlenül címezhető, de a tartalma áram nélkül is megmarad. Ha a CPU az első utasítást ilyen memóriában keresi, akkor képes elkezdni a működését. Egy ilyen memóriában elhelyezhető az az utasítássorozat, amely a ténylegesen végrehajtandó programot – általában az operációs rendszert – betölti egy háttértárról a RAM-ba.

Viszont a következő kérdés, hogy ha létezik ilyen memória, akkor miért nem azt használjuk a RAM helyett. Nos, a válasz egyszerű: ebbe a memóriefajtába nem lehet írni. Ugyanis ezt úgy gyártják le, hogy a szükséges tartalom legyen benne.

Tehát egy olyan félvezető áramkőről van szó, amely fix tartalommal rendelkezik. Valójában kívülről RAM-ként viselkedik, ha a CPU olvasni akar belőle. Az áramkörei egy bizonyos memória-címre meghatározott bitsorozatot adnak válaszul.

Emiatt nem törlődik a tartalma, hiszen nem az áram tartja benne azt, hanem a „huzalozása”. Emiatt viszont a legyártása után nem is módosítható a tartalma.

Ezt a félvezető csipet hívjuk *csak olvasható memóriának*, angolul *Read-Only Memory*-nak, rövidítve **ROM**-nak.

A PC alaplapiján található egy *BIOS* nevet viselő csip, amely a *Basic Input/Output System* rövidítéséből származó elnevezés. Ez tartalmazza azt a programkódot, amelyre a gépnek induláskor szüksége van. Ez egy példa a ROM használatára.

Viszont előfordulhat – főleg egy új modell kikísérletezése során –, hogy változtatni kell a tartalommon. Ezért a ROM helyett inkább olyan csipek terjedtek el, amelyek eredetileg üresek és megfelelő berendezéssel lehet a bennük található apró biztosítékok kiégetésével valamilyen tartalmat elhelyezni bennük. Ezek lennének a PROM-ok, de a tényleges célnak az felel meg, ha ezeket a biztosítékokat valahogy vissza is lehet állítani az eredeti állapotukba. Ha ez ultraibolya fénnel történik, akkor **EPROM**-nak, azaz *erasable programmable ROM*-nak hívjuk őket. Ha pedig elektronikus úton újraírható a tartalmuk, akkor **EEPROM**, azaz *electrically erasable programmable ROM* a nevük.

Felmerül a kérdés, hogy miért nem ezeket használjuk RAM helyett, hiszen ezek nem igényelnek áramot az adat tárolására.

Az EPROM esetén kézenfekvő a válasz: a speciális berendezéssel történő írás nyilván lehetetlenné teszi operatív memóriaként való használatát.

Az EEPROM esetén ez nem lenne gond, azonban a sebesség – különösen az írás sebessége – nagyon alacsony egy dinamikus RAM-hoz képest. Emiatt inkább csak háttértárakban, pl. pendrive-okban használják ezeket. Még a csak a számítógép elindulásakor használt, de megváltoztatható adatok (BIOS-setup) tárolására is inkább RAM-ot használnak, amelyet a gép kikapcsolt állapotában egy gomelem alakú akkumulátor lát el árammal az alaplapon.

Az EEPROM vagy más néven Flash-memória majd a háttértáraknál fog ismét előkerülni, hiszen ott használják őket. Itt mindössze még egy hátrányukat érdemes megemlíteni, ami szintén al-

kalmatlanná teszi őket operatív memóriaként való felhasználásra: egy-egy memóriacella módosítására csak véges sok alkalommal van lehetőség.

7. Háttértárak

A háttértárak az adatok és a programok hosszabb távú tárolására szolgálnak. A tárolásnak különböző céljai lehetnek: Lehet, hogy csupán a számítógép üzemén kívül helyezésének idejére szeretnénk megtartani azokat – hiszen a memória nem őrzi meg a tartalmát –, és az is előfordulhat, hogy a fontos adatokat szeretnénk biztonságba helyezni, megőrizni hosszabb távra, hogy akár évekkel később is rendelkezésre álljanak. Ez utóbbi esethez tartozik az archiválás és a biztonsági másolat készítése.

A memória és a háttértár kialakításában egy fontos különbség, hogy egyszerre mekkora adatblokkot lehet elérni. A memória esetében ez 1 byte kell, hogy legyen, hiszen ekkor beszélünk közvetlen elérésű tárolóról. Ezzel szemben a háttértárak esetében az egyszerre írható vagy olvasható adatblokk a *szektor*, amely a legtöbb esetben – de nem feltétlenül minden esetben – 512 byte méretű. Természetesen mind a memória, mind a háttértár esetén lehetséges egyszerre több adatblokkot olvasni. A külön címmel rendelkező adategység tehát a memóriánál a byte, háttértárnál a szektor vagy adatblokk.

7.1. Adattárolók hierarchiája

A fenti adatok miatt az adattárolók egyes fajtái más-más célt szolgálnak. Ez alapján egy hierarchiát lehet hozzájuk megadni. Ez a hierarchia látható a 38. ábrán. Az ábrán nem csak a háttértárak láthatóak, hanem az összes adattároló!

Az ábráról több dolgot is le lehet olvasni. Fentről lefelé nő a tárolókapacitás. Ugyanakkor csökken az előállítási költség és sebesség. Vagyis a leggyorsabb adattároló a CPU belsejében elhelyezkedő regiszter – nem csupán mert a legközelebb van az ALU-hoz, hanem a megvalósításához használt technológia miatt is –, de a legdrágább is, ezért csak a feltétlenül szükséges mennyiség áll rendelkezésre belőle. Ezzel szemben a memória a leglassabb elsődleges adattároló és egyben a legnagyobb kapacitású, hiszen a gyorsítótár és a regiszter előállítása drágább, ezért kisebb kapacitással rendelkezik.

A memóriánál nagyobb kapacitásúak a háttértárak – az ábrán a memória alatt –, de általában több ideig tart valamit ezekről a memóriába másolni, mint amilyen sebességgel a memória tartalma a CPU felé továbbítható.

Az **elsődleges háttértár** jelenleg a mágneslemez, azok közül is a *merevlemez*, illetve a mostanában növekvő népszerűségű, de még túl drága és kisebb kapacitású, de jóval gyorsabban működő *SSD*.

A **másodlagos háttértáraknak** azokat nevezzük, amelyek archiválásra használatosak, mert bár lassúak, de szinte végtelen kapacitásúaknak tekinthetők az árukat és cserélhető természetüket tekintve. Tipikus másodlagos háttértár a *mágnesszalag* és az *optikai lemez*. Manapság sokan úgy gondolják, hogy ezekre már nincs szükség, hiszen minden a „felhőben” (*cloud*) található. Ám éppen azért, mert ezek olcsón beszerezhetőek, a biztonsági mentések céljára jól használhatóak. Gondoljunk bele



38. ábra: Az adattárolók hierarchiája

abba, mi történik, ha a Google Drive vagy a Dropbox valamiért elérhetetlenné válik! Hogyan férünk hozzá akkor az ott tárolt adatainkhoz? Ha azok archiválva vannak, semmi gond!

7.2. A háttértárak csoportosítása működési elv szerint

A háttértárakat működési elvük alapján a következő csoportokba sorolhatjuk:

1. Félvezető tároló
2. Mágneses elven működő táruk
3. Optikai táruk

7.3. Félvezető adattárolók

A félvezető adattárolók egy részét már megismertük a memóriáknál. A RAM, ROM, PROM, EPROM és EEPROM tartozik ide. Ezen belül volt szó a regiszterek és a gyorsítótár számára használt statikus RAM-ról is, ami szintén ebbe a kategóriába tartozik. Mint ebből sejtethető, a félvezető tárolók többsége elsődleges adattároló, azaz valamilyen memória. Ezek sebessége a 38. ábra szerint a legnagyobb az adattárolók között, ami érthető is, hiszen nagyon kis helyen nagyon sok áramkört tartalmazva gyorsan tudnak működni.

7.3.1. Pendrive

Azonban az EEPROM már nem memória, hanem háttértár szokott lenni. Mégpedig nem is a leggyorsabb. Más néven, kicsit más technológiával megvalósítva, **FLASH-memóriaként** is emlegetik, mivel bizonyos helyeken a tartalmát áram nélkül is megőrző memóriaként is használnak ilyent. Ma-napság tipikus használata a **pendrive**, amely egy USB csatlakozással rendelkező háttértár. Kapacitása jellemzően kettő hatvány: 2, 4, 8, ..., 256 GB szokott lenni. Ez becsapós, mivel a memóriák mintájára az ember azt hinné, hogy Gíbyte a mértékegység, pedig Gíbyte!

A pendrive sebessége nem nevezhető éppen túl gyorsnak, így inkább csak másodlagos háttértárnak alkalmas. Van viszont egy komoly hátránya, amelyre használata során figyelni kell: az EEPROM adattároló biteinek állapotát – amely a bennük tárolt értéket meghatározza – *csak véges számú alkalommal lehet módosítani*. Ez egy elég nagy érték ugyan – ráadásul a technika fejlődésével nő is a sebességgel együtt –, de mégiscsak véges. Emiatt egy sokat használt pendrive esetében nem kell meglepődni azon, ha egyes részei, majd később az egész gyakorlatilag írhatatlanná válik, mint-ha írásvédett lenne. Az ekkor éppen tárolt tartalma nem fog elveszni, de módosítani már nem lehet. Akkor van gond, ha módosítás közben derül ez ki úgy, hogy az egyik bit még módosulni tud, a másik már nem, mivel ekkor hibás adatokat fog tárolni.

Az ebből eredő problémát részben úgy tudjuk, ha nem is elkerülni, de későbbi időpontra tolni, ha a pendrive használata során figyelünk arra, hogy *minél kevesebb felesleges írás történjen* rá. Ehhez tudni kell, hogy a legtöbb program egy dokumentum szerkesztésre történő megnyitása során létrehoz egy ideiglenes állományt, amelybe rendszeresen ír valamit, majd ezt a dokumentum bezárásakor törli. Emiatt is, és a dokumentum szerkesztése során ajánlott rendszeres mentések miatti mentések miatt is rövidülhet a pendrive élettartama. Ezért célszerű a pendrive-on levő dokumentumot a számítógép elsődleges háttértárára felmásolni szerkesztés céljából, majd a szerkesztés befejezése után visszamásolni azt a pendrive-ra. Így csupán egyetlen írás történt a szerkesztés alatt.

7.3.2. SSD

A másik félvezető háttértár az **SSD**, amelynek lehetséges írásai száma szintén véges. Az SSD a *Solid-state Device* rövidítése, egyes helyeken *elektronikus lemez*nek is nevezik. Ez utóbbi oka, hogy gyakorlatilag a merevlemez helyettesítésére alkalmas. Jelenleg még nehéz a tényleges működési elvről sokat mondani, mivel annyira gyorsan fejlődő technológiáról van szó, hogy akár néhány évente újabb megoldások jelenhetnek meg. A legelső változatok meglepő módon az 1950-es évekre vezethetők vissza. A mai változatok már a merevlemezeknél is gyorsabban működnek. Előnyük azokkal szemben, hogy nincs mozgó alkatrészük, így elvileg nincs minek meghibásodnia bennük.

De az igazság az, hogy van hibájuk, mégpedig a pendrive-nál már említett véges módosíthatóság. Ennek kezelésére általában két megoldás terjedt el. Az egyik, hogy a tényleges kapacitásnak csupán a felét nyújtja az eszköz elektronikája (azaz egy 128 GB kapacitású SSD valójában 256 GB kapacitású adattárolót tartalmaz, de csak 128 GB használható ténylegesen, ezért ekkoraként vásárolható meg). Ha valamelyik szektor írása bizonytalanná válik, akkor az eszköz elektronikája kiiktatja azt és helyette a tartalék tárból vesz egy szektort igénybe. Amennyiben az összes tartalék elfogyott, akkor a számítógép által látható kapacitás csökkenni kezd.

A másik megoldás az úgynevezett *hibrid eszköz (hybrid drive)*, amikor egy SSD és egy merevlemez (HDD) van egy házba építve, egy közös vezérlő elektronikával ellátva. Ennek lényege, hogy a ritkán változó tartalmat az SSD tárolja, amely így gyorsabban elérhető, míg a sűrűn változó tartalmat a HDD tartalmazza, amely viszont valamivel lassabban érhető el.

7.4. Mágneses elven működő adattárák

Két valaha memóriaként használt mágneses adattárat meg kell említenünk: ez a *mágnesdob*, illetve a *ferritgyűrű* volt, még az első és a második generációs számítógépekben. Mára ezek már történelemnek számítanak, mivel elképesztően lassúak és alacsony kapacitásúak a ma használatos számítógépek igényeihez képest.

A többi mágneses elven működő adattároló, amit valaha megalkottak, mind háttértárként volt használva. Többségük ma már nem használatos, de van köztük olyan is, amit még ma is mindennap használunk.

7.4.1. Mágnesszalag

Aki látott még videómagnót, kazettás magnót vagy esetleg orsós magnót is, annak lehet fogalma arról, hogy mi is ez a mágnesszalag. Eredetileg analóg jelek rögzítésére használt, olcsó, de kifejezetten sérülékeny eszköz volt. A számítástechnikában a kezdetekben elsődleges háttértárként használták, szekrény méretű berendezések (39. ábra) formájában a 0 és 1 jel tárolására alkalmas változatát.

Ez a változat a műanyag szalagra felvitt *mágnesezhető felület mágneses polaritásával* tárolta az adatokat. A készülék *író/olvasó feje* íráskor a mágneses polaritást egy elektromágneses mező létrehozásával alakította ki, míg



39. ábra: Az IBM 360 mágnesszalagos egysége

olvasáskor a fej előtt elhaladó szalag keltett a polaritásától függő irányú áramot az olvasó áramkörében.

Manapság a kazettás magnókéhoz hasonló méretű digitális mágnesszalagokat használnak archiválásra. Ezeknek a szalagoknak a kapacitása akár több terabyte is lehet.

A mágnesszalagnak két nagy hátránya van, ami miatt elsődleges háttértárnak nincs értelme használni:

1. A kívánt adat megkereséséhez történő *pozicionálás* a szalag végigolvasásával azonos időt igényel, így nagyon lassú. Archiváláskor vagy az archívumból való visszaolvasáskor a szalagot az elejétől a végéig írjuk vagy olvassuk, így ez a probléma ott nem jelentkezik.
2. Minél többet tekerjük előre-hátra a szalagot, annál valószínűbb, hogy megnyúlik, így az egyes bitek egymástól való távolsága megnő. Ez még inkább megnehezíti az egyes adatok megkeresését. Viszont az archívum visszaolvasása során ez sem jelent nagyobb problémát. Egyrészt mert az archívumhoz ritkán szokás hozzányúlni, így kicsi a nyúló hatás még hosszú idő alatt is. Másrészt az archiválás során használt adatformátum olyan jeleket is tartalmaz, amelyek megkönnyítik annak felismerését, hogy éppen hol tart az adatok olvasása.

7.4.2. Hajlékony mágneslemez

A hajlékony lemez (angolul floppy disc) kiküszöböli a mágnesszalag fenti hátrányát: mivel az adatok koncentrikus körökben helyezkednek el, könnyen kereshetővé vált és nem nyúlik meg. Az adattárolás fizikailag ugyanúgy történik ebben az esetben is.

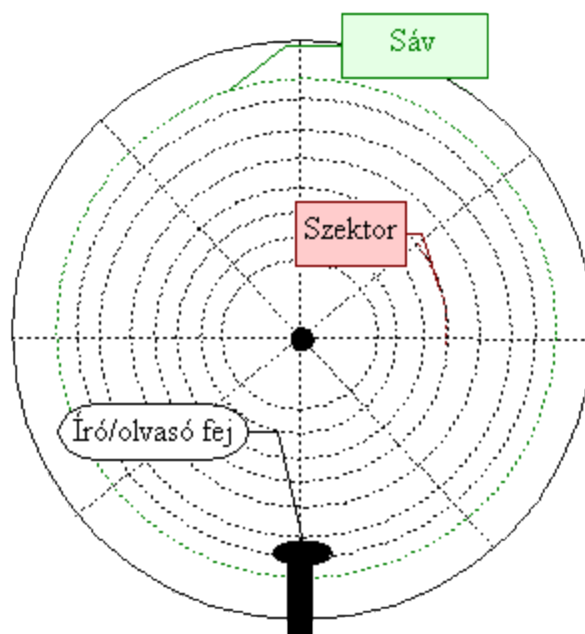
Három méretben létezett, ahogy a 40. ábra mutatja: 8 inch méretben készült változat kapacitása típustól függően 160-500 KiB volt. A következő változat a felépítésében azonos, de mindössze 5 1/4 inch méretű lemez volt, amelynek kapacitása 160 KB volt az első IBM PC számítógépek esetén, majd 1,2 MB értékig nőtt az évek során. A növekvő adatsűrűség védettebb felépítést igényelt, így a legutolsó a 3,5 inch méretű, 1,44, később 2,88 MB kapacitású változat új, védettebb tokot kapott. Később megjelent egy még nagyobb kapacitású változat, *ZIP-drive* néven, de nem igazán terjedt el túl magas ára miatt. Ennek lemeze 100 MB kapacitású volt.

Mindegyik mágneslemezre jellemző, hogy az adatok koncentrikus körökbe szervezett szektorokban helyezkednek el (41. ábra). A lemez típusától függ, hogy hány sáv és sávonként hány szektor található a lemezen (egyes lemezeket több különböző kapacitásra is meg lehetett formázni visszafelé kompatibilitási okokból). Az újabb gyártmányok kapacitását a mágnesezhető anyag *szemcseméretének* csökkentése tette lehetővé, amely lehetővé tette, hogy egy bit egyre kisebb helyen tárolható legyen.

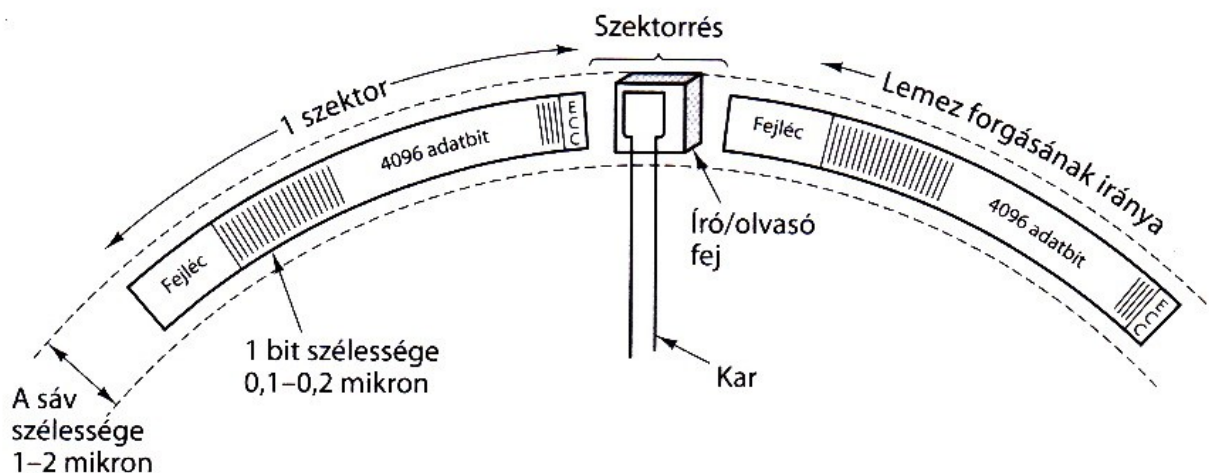
A két nagyobb méretű lemeznél levő hosszúkas rés a védőtokon az író/olvasó fej



40. ábra: Egy 8"-es, egy 5 1/4"-es (jobbra alul) és egy 3,5"-es hajlékony lemez



41. ábra: A floppy lemezek adattárolásának felépítése



42. ábra: A mágneslemezek egy szektorának felépítése – forrás: Tannenbaum: Számítógép architektúrák (2.19. ábra)

számára adott hozzáférést a lemezhez. A nagy lemezen ezzel szemben, az 5 ¼ inches változaton oldalt található még egy furat is. Amennyiben a lemezen levő furat is ide került, akkor az író/olvasó fej a sávok 0. (kezdő) szektorának elejére mutatott. Ezzel tudta egy kis fotocella segítségével a lemez meghajtó készülék szinkronizálni az írást és az olvasást.

A kicsi lemez esetén ezt a szinkronizálást egyszerűen az oldotta meg, hogy a meghajtó tengelye csak egy pozícióban tudja megfogni a lemezt. Ennél a lemeznél a tokon látható egy elhúzható rész, amely eltakarja a lemezt, amíg az nincs a meghajtóban, így védve a sérüléstől.

Egy szektor nem csupán 512 byte adatot tárol, hanem hozzá kapcsolódóan további adatokat is, amelyek a tárolt adatok olvasáskori ellenőrzésére alkalmasak (42. ábra).

A mágneslemezek nagy problémája, hogy a felülete könnyen megsérül. Emellett ezek működési sebessége sem volt túl nagy, így az 1990-es évek végére kiment a divatból. Manapság már nem kapható olyan laptop, amelynek lenne floppy meghajtója, és asztali gépekbe is csak nehezen lehet beszerezni ilyet, bár a legtöbb gépházon még megtalálható a hely, ahova ezeket be lehetne szerelni.

Másik nagy hibája ennek a tárolási technológiának, hogy bármilyen elektromágneses mező képes megváltoztatni az adattároló réteg tartalmát. Ez ellen *Faraday-kalitka* elvét alkalmazva lehet védekezni. Emiatt van, hogy például a merevlemezeket *elektrosztatikus fóliába* csomagolva forgalmazzák, és célszerű abban is szállítani. A floppy lemezeket például alufóliába csomagolva szállították hasonló okokból.

7.4.3. Merevlemez (HDD)

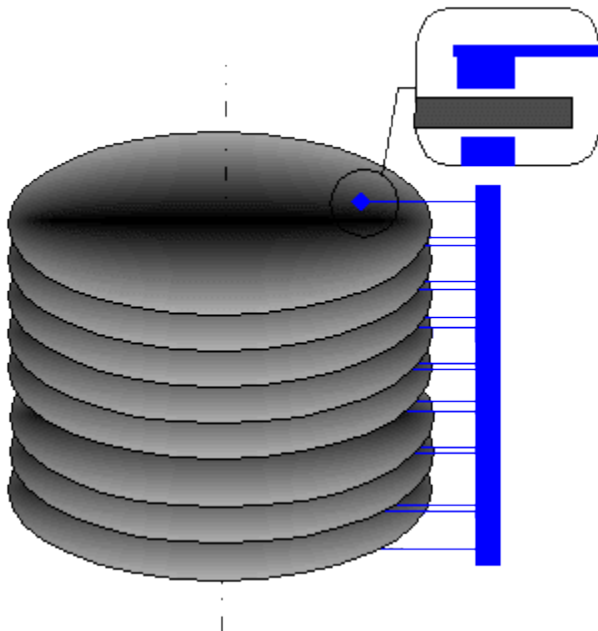
A floppy lemezek sérülékenységeinek fő oka, hogy azokat állandóan kivették majd újra betették az olvasásukra és írásukra szolgáló eszközökből. Minden ilyen alkalommal fennállt annak a veszélye, hogy az író/olvasó fej megsérti a lemez felületét.

Ezt a problémát küszöböli ki, ha a lemezeket és a működésükhöz használt meghajtó eszközt egyetlen megbonthatatlan egységként kezeljük. Ekkor a hajlékony műanyaglemez egy merev (általában fém anyagú) korongra kell cserélni. Az így kapott eszközt hívják merevlemeznek, vagy az eszköz angol nevéből (Hard Disc Drive) származó rövidítéssel HDD-nek. A lemez és az író/olvasó fejek egyetlen egységet alkotnak. Ebben a konstrukcióban lehetséges a kapacitás jelentős növelése, így ma már több terabyte méretű merevlemezek léteznek. Egy lemez persze nem ekkora kapacitású

feltétlenül, hanem több lemez található egymás alatt (43. ábra) Emiatt kifejezetten veszélyes, ha a lemez felülete megsérül. Márpedig a méretek miatt akár egyetlen porszem is rettenetes kárt tud okozni. Ezért egy merevlemez belsejében mindig biztosítani kell a pormentes levegőt, tehát az eszközt tilos kinyitni. Erre utal a legtöbb ilyen eszközön levő angol nyelvű felirat: **az eszköz fedelének eltávolítása azonnal megszünteti a garanciát.**



43. ábra: Egy modern merevlemez belseje. A sajátodat ne akard megnézni, hogy ilyen-e, mert ahhoz tönkre kell tenni!



44. ábra: A merevlemez elvi felépítése

dulásával lehetett elérni, a sávok itt zónákba vannak osztva és csak a zónákon belül azonos a sávokban a szektorok elhelyezkedése. Így a belső sávokon kevesebb, a külsőn több szektor helyezhető el, ami tovább növeli a lemezfelület kihasználtságát és vele a kapacitását.

A lemezek mindig forognak, amikor az eszköz áram alatt van. Ez ugyan nem tűnik túl energiatakarékos megoldásnak – ráadásul a termelődő hőt el kell vezetni –, azonban mégis ez a takarékosabb megoldás. A fejeknek ugyanis meghatározott távolságra kell lebegniük a lemez felületétől (ez a távolság kisebb, mint egy porszem mérete!), amely úgy biztosítható, hogy a lemez forgása és a levegő kölcsönhatása tartja lebegve a fejet (lásd *Bernoulli törvényét* az áramló levegő nyomásviszonyaival kapcsolatban fizikából).

Amennyiben megszűnik a lemezforgás keltette szívóhatás, akkor a fej a gravitáció hatására ráeshet a lemez



45. ábra: A fej által felkarolt lemezfelület

felületére. Ilyenkor ugyanúgy, mint ha a lemez és a fej közé beszorul egy porszem, a lemez felülete összekarcolódik, ami az ott található adatok teljes elvesztését okozza (45. ábra). Az ilyen lemez nem javítható, ki lehet dobni.

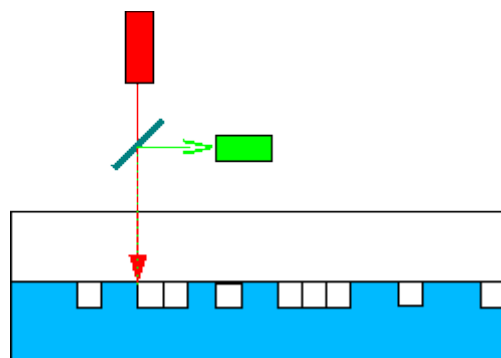
Persze időnként azért a merevlemez tetszik vagy sem, le kell állítani. Ekkor az eszköz elektronikája a fejeket olyan pozícióba rántja, ahol a lemezfelület már nem tartalmaz adatokat. Ezen a *parkolópályán* kell a fejeknek tartózkodniuk mindig, amikor a lemezek nem forognak az üzemi fordulatszámon (5400–7200 fordulat percenként a tipikus fordulatszám). Amikor áram alá kerül a merevlemez, a lemezeket forgató villanymotornak eltart egy ideig, míg ezt a fordulatszámot el tudja érni, majd ezután lehet kimozdítani a fejeket, amelyek először a lemez 0. szektorát beolvassa ellenőrzik a lemezek állapotát. Ha a merevlemez takarékoságából mindig leállítjuk egy ideig tartó tétlenség után, akkor a következő íráskor vagy olvasáskor ezt mindig ki kell várni, ami elég sok idővesztés tud lenni. Ráadásul minden ilyen felpörgetés csökkenti a villanymotor és vele az egész eszköz élettartamát, tehát célszerű elkerülni a gyakori elindításokat és leállításokat.¹⁴

Nehéz megtalálni az egyensúlyt, ugyanis amikor viszont forognak a lemezek, akkor a villanymotor folyamatosan melegszik. Ha pedig nincs megfelelő hűtése, akkor emiatt a vezérlő áramkör mehet tönkre. Célszerű olyan megoldást találni, hogy a gyakran használt merevlemez – például az operációs rendszer és az állandóan használt dokumentumok merevlemeze – állandóan menjen, míg a többi merevlemez egy idő után kapcsoljon le. Ennél még jobb megoldás, ha a nem használt merevlemezeket lecsatlakoztatjuk.

7.5. Optikai háttértárak

Lassúságuk miatt memóriaként (azaz elsődleges adattárolóként) vagy elsődleges háttértárként (azaz másodlagos adattárolóként) semmiképpen nem éri meg használni az optikai tárolókat. Azonban egy-egy kapacitásra nézve a legolcsóbb adattárolónak számítanak, így másodlagos háttértárként, azaz *biztonsági mentés, archiválás* céljára kifejezetten jól használható ez a technológia.

Az optikai lemezek mindegyike azonos módon működik, különbség mindössze a kapacitásukban van. A 46. ábra a lemez olvasási módját mutatja. A lemez fényvisszaverő felületén függőleges falú gödrök (*pit*) vannak. Az *olvasófej* egy lézerforrásból (piros téglalap az ábrán) fénysugarat indít a lemezfelület felé, arra merőleges irányban, a felületről visszaverődő fényt egy *félig áteresztő tükör* eltéríti a *fotocella* felé. Amikor akár fentről, akár a gödör aljáról verődik vissza a lézerfény, a visszaverődő fény a zölddel jelzett fényérzékelő fotocellába jut. Ez felel meg a 0 értéknek – nyilván bizonyos időpontokban figyelembe véve ezt.



46. ábra: Az optikai lemez olvasása

Amikor viszont a fény éppen a gödör határára érkezik, akkor a fénysugár egy része a felső, másik része az alsó felületről verődik vissza. A gödör mélysége éppen akkor, mind a fény hullámhosszának negyede. Ennek eredményeként a két felületről visszaverődő fény közti időkülönbség éppen a fény hullámhosszának felét kitevő késést fog eredményezni. Ennek eredményeként a két felületről visszaverődött fénysugár között éppen egy teljes fázisnyi eltérés van, vagyis az *interferencia* miatt kioltják egymást. Az érzékelő a fény egy pillanatra történő kialvásakor érzékeli ezt. Ez adja az 1 értékű bitet, és egyben kalibrálja is az olvasási időközt (hogy mikor kell nullának tekinteni a szintváltás hiányát).

¹⁴ Személyes tapasztalat: az olyan sokat dicsért Macintosh operációs rendszere ilyen szempontból kifejezetten merevlemez-gyilkos, ugyanis időről időre az összes csatlakoztatott háttértárat végigkérdezi, ami ilyenkor az egyébként – az operációs rendszer által leállított – merevlemezek felpörgetését okozza.

Tehát az 1 bitet a gödör-felszín váltás tárolja, a 0 ennek a váltásnak a hiánya. Maga a jelsorozat egy belülről kifelé tartó spirálvonal mentén helyezkedik el, amely fölött az olvasófejet egyenletes sebességgel kell végigvezetnie az olvasóberendezésnek. Ennek az optikai lemez eredeti felhasználása az oka, ahol egy másodperc alatt meghatározott adatmennyiséget – pontosabban digitálisan kódolt hangot – kellett a lemeztől kiolvasni. Emiatt a lemez forgási sebessége folyamatosan csökken, ahogy az olvasófej halad kifelé. Ezt már olvasásnál is, de írásnál mindenképpen úgy oldották meg, hogy egy szinuszvonal fut a spirál mentén, amely figyelésével az olvasófej szabályozni tudja a forgási sebességet és azt is, hogy hol kell keresnie a következő adatot.

A fenti működési elvből következik, hogy keresni a lemezen elég nehéz egy merevlemezhez képest. Valamivel jobb a helyzet, mint a mágnesszalag esetén, de itt is jobb nagyméretű állományokat tárolni, tehát inkább archiválási célra használható adattároló az optikai lemez. Egy állomány elejének megkeresése néha elég sok időt igényelhet ahhoz képest, amennyi ideig magának az állománynak a beolvasása kerül.

7.5.1. Optikai lemez írása

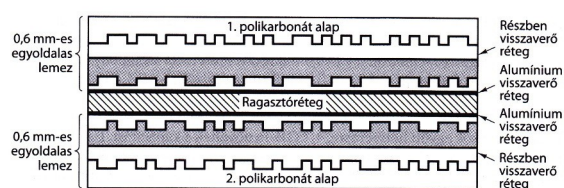
A lemez írása is lézertípussal történik. Ekkor a cél az olvasásnál használt hatás kialakítása, hogy ugyanazzal az olvasóberendezéssel lehessen a gyárilag legyártott tartalmú és az írható lemezek tartalmát is olvasni. Ezt úgy oldják meg, hogy a lemezek középső rétege – amelynek aljáról kellene a fénynek visszaverődnie a gödörnél, a tetejéről ha nincs gödör – erős, adott frekvenciájú fényrel megvilágítva átalakul fényvisszaverőből fényáteresztővé. Így kialakulnak a gödrök. Az újraírható lemezek esetében ez egy speciális frekvenciájú fényrel visszafordítható – de csak véges sok alkalommal.

7.5.2. Az optikai lemezek fajtái

Az első optikai lemezekkel a kísérletek még az 1960-as évek nyúlnak vissza. A holland Philips és a japán Sony cégek kísérletei vezettek végül az 1980-as években eredményre. Az első ilyen lemezek, amelyek elterjedtek a zeneipar számára készültek a vinil hanglemezek leváltására az addigi analóg és ezért gyenge hangminőség helyett digitális lejátszásra. Ezek voltak az **Audio-CD-k**. (CD = *Compact Disc*.) Ezek mindegyike legfeljebb 60-70 percnyi zene lejátszására volt alkalmas. A cél az volt, hogy ha a lemez kisebb sérülést szenved, még lejátszható legyen, így nagyon nagy redundanciát használtak a tárolásnál. Ennek a lemeznek az adattárolásra használt változata – megtartva a nagy redundanciát is – 650-800 Mbyte adat tárolására alkalmas.

A CD lejátszási sebessége idővel nőtt, de az eredeti zenei CD-ket továbbra is az eredeti sebességen kell lejátszani. A CD olvasók sebességét éppen ezért úgy szokták megadni, hogy az audió lejátszási sebesség hányszorosával képesek beolvasni a lemeztől az adatokat. Az írás általában ennél lassabban lehetséges ugyanazzal az eszközzel, ráadásul a lemez maximális írási sebessége is változó lehet. Például egy CD író, amely mondjuk $52\times$ sebességgel olvassa a CD-t, lehetséges, hogy legfeljebb $8\times$ sebességgel tud írni.

A Sony azután szeretne volna növelni a CD kapacitását, hogy jó minőségekben filmeket is lehessen rajta tárolni. Ez a cél volt a videó lemez, amely úton több, azóta elhalt próbálkozás is született. Végül valahol a fejlesztés felénél megszületett a **Video-DVD** (Digital Video Disc), amelyen MPEG-2 kódolással egy egész estés mozifilm – nagyjából 132 perc – elfér. Ezt úgy érték el, hogy az olvasáshoz használt lézer



47. ábra: Egy kétoldali, kétrétegű DVD felépítése (Tanenbaum: Számítógép architektúrák, 2.27. ábra)

hullámhosszát kicserélték egy kékhez közelebbire. Emiatt az adatok sokkal sűrűbben helyezhetőek el. Emellett kitalálták, hogy két egymáshoz közeli hullámhosszt használva, két rétegben helyezik el az adatokat. Ha pedig megfordítjuk a lemezt, még 132 perc további tartalmat lehet elhelyezni. Egy ilyen két oldalas és két rétegű lemez felépítése látható a 47. ábrán. Az alsó réteg kapacitása egy kicsit kisebb a felsőnél, így a két réteg alkalmazása nem teljesen duplázza meg a kapacitást az egy rétegűhöz képest. A számítógépes felhasználás miatt a DVD már inkább a *Digital Versatile Disc* rövidítéseként értelmezendő, azaz *digitális sokcélú lemez*.

A számítógépekben használt DVD-k lehetséges kapacitása a következő:

- DVD5: egyoldalas, egyrétegű lemez: 4,7 GB
- DVD9: egyoldalas, kétrétegű lemez: 8,54 GB
- DVD10: kétoldalas, egyrétegű lemez: 9,4 GB
- DVD18: kétoldalas, kétrétegű lemez: 17,08 GB

További fejlesztések során két különböző szabvány jelent meg a *HD felbontású filmek* tárolására, a **HD-DVD** és a **Blu-ray**. Ebből az utóbbi, a Sony által eredetileg kifejleszteni kívánt, kék lézerrel működő megoldás terjedt el, míg a HD-DVD szép lassan elhalt. Az eredeti Blu-ray lemez kapacitása 25 GB, de vannak kísérletek akár 400 GB kapacitás létrehozására is. A dolog érdekessége, hogy azért kell ekkora kapacitás egy HD film tárolására, mert a filmstúdiók a másolásvédelemmel kapcsolatos paranoiájuk miatt olyan kódolási formát követeltek meg, ami akkora méretet igényel. Ám egy HD minőségű film MPEG-4 kódolással elfér 3,5–4,5 GB méretű állományban, azaz egy DVD-n is elférne. (Igaz, a hosszabb filmek ilyen kódolása akár 6 GB is lehet...)

Az optikai lemezek negyedik generációját, az **Archival Disc** nevűt 2013. július 29-én¹⁵ jelentették be először és a tervek szerint forgalomba 2015. második negyedévét követően került volna. A tervek szerint a kapacitása akár egy terabyte is lehet. A célja a *4K felbontású filmek* tárolása lenne eredetileg. 2016. április 18-i hír (<http://www.techhive.com/article/3057230/storage/sony-cranks-up-optical-disc-storage-to-33tb.html>) szerint a Sony 3,3 TB-ra növelte a tervezett új optikai lemez kapacitását. A Panasonic és a Sony terve meghazudtolják Steve Jobs azon állítását, hogy az optikai lemez mint adattároló már halott. Jobs ezt az Apple felhő szolgáltatásának promótálásaként jelentette ki, aminek következményeként az Apple számítógépeiből el is tűntek az optikai meghajtók (amelyek minősége egyébként is kritikán aluli volt).

15 Pont a születésnapomon...

8. Bemeneti egységek

A bemeneti perifériákkal a számítógépbe kívülről adatokat, programokat juttathatunk be. Íme röviden felsorolva a legismertebb bemeneti egységek:

1. Billentyűzet
2. Egér és más mutató eszközök
3. Képdigitalizáló
4. Webkamera

Léteznek a fentiekén kívül még más, speciálisabb célú bemeneti egységek is, mint a botkormány vagy a vonalkódolvasó és hasonlóak is. A következőkben a legfontosabb bemeneti perifériák ismertetése következik.

8.1. Billentyűzet

A ma használatos bemeneti perifériák közül talán a legrégbben használt a *billentyűzet*. Aránylag egyszerű felépítésű, hiszen nem kell mást tenni, csupán a billentyűket nyomogatva begépelni az adatokat. Na, azért ez nem olyan egyszerű, mint amilyennek elsőre hangzik!

Az első számítógépek billentyűzetei elektromos írógépek voltak. Valószínűleg ebből ered, hogy az írógépekével nagyjából megegyezik a billentyűk elrendezése.

Valójában a billentyűkön található jel a működés szempontjából lényegtelen, mivel a billentyűzet elektronikája csupán azt figyeli, hogy *melyik helyen* található billentyűt nyomta le a felhasználó. Éppen ezért lehetséges az, hogy ha összecseréljük a billentyűzetet, és más nyelvhez készült billentyűzetet használunk, akkor is működik: valójában a számítógép csak egy billentyűkódot kap, amit a rajta futó program (általában az operációs rendszer) fordít le a kívánt karakterre. Ezért lehetséges, hogy például a magyar billentyűzeten az „é” billentyűt lenyomva, ha a gép angol kiosztásra van állítva, akkor a képernyőn a pontosvessző jelenik meg. Ilyen esetben meg kell keresni a beállításnál a *billentyűzet-kiosztást*, és magyarra állítani.

A számítógép bekapcsolásától az operációs rendszer elindulásáig minden billentyűzet az amerikai kiosztásnak megfelelően működik!

A legegyszerűbb billentyűzetekben általában három műanyag fólia található a billentyűk alatt. A középsőn a billentyűk helyén egy-egy kis lyuk van, míg a másik kettőn elektromos vezetékek futnak, amelyek ezeknél a lyukaknál találkoznak. Amikor egy billentyűt lenyomunk, akkor a lyukon keresztül a két vezeték összeér és záródik egy áramkör. Ebből a billentyűzet elektronikája tudja, hogy hol nyomtuk le a billentyűt – billentyűket –, és ennek megfelelő kódot továbbít a számítógép felé. Újabb billentyűzetekben már létezik másfajta érzékelési mód is, például egyes laptopok billentyűzete esetén minden billentyűnek van egy saját kapcsolója. A lényeg mindenképpen az, hogy a lenyomott billentyű kódját kapja meg a számítógép.



48. ábra: Egy hagyományos PC (felül) és az Apple vezeték nélküli billentyűzete (alul)

A számítógépek billentyűzetén van néhány olyan billentyű is, amely önmagában nem állít elő kódot, viszont módosítja egy másik lenyomott billentyűhöz rendelt kódot. Valójában ezek is küldenek kódot, de ez a kód a másik billentyű kódjával együtt küldött *módosító kód*. Ezek a billentyűk a **módosító billentyűk**. Ilyen tipikusan a *Shift*, amely általában a betűkből nagybetűt csinál – ez az írógépektől örökölt módosító billentyű –, a *Ctrl* (*Control*), amelyhez a legtöbb program vezérlő parancsokat szokott rendelni és *Alt*. Emellett a PC-k magyar billentyűzet-kiosztása a jobboldali *Alt* billentyű helyére az *Alt-Gr* billentyűt definiálja, amellyel további jelek érhetőek el, amelyeket az ékezetes betűk kiszorítottak az eredeti helyükről. Az Apple billentyűzeteken a vezérlő parancsok számára a *Command* billentyű szolgál – bár megmaradt a CTRL billentyű is, módosult funkcióval.

A módosító billentyűkkel együtt előálló kombinációkat hívjuk **billentyűkombinációknak**. Ezeket általában úgy szokás leírni, hogy az egyes módosító billentyűket és az alapbillentyűket kötőjellel vagy „+” jellel elválasztva felsoroljuk (a végére írva az alapbillentyűt). Íme példaként néhány billentyűkombináció a tipikus jelentésükkel:

- Ctrl+S: a legtöbb programban a mentés funkciót lehet vele elérni.
- Ctrl+O: a megnyitás funkció érhető el vele.
- Alt+F4: főleg Windows rendszerekben a program bevezését lehet vele kezdeményezni.
- Ctrl+Q: szintén a program befejezése, nem minden rendszerben használható mindkét megoldás, ez a változat a *Quit* = *kilépés* szóból származik, az előző inkább csak az ablak bezárását jelenti.
- Ctrl+C, Ctrl+X, Ctrl+V: a vágólap használatához tartozó billentyűkombinációk (másolás, kivágás és beillesztés).
- Ctrl+Shift+V: irányított beillesztés, ahol lehetőség van megadni a beillesztés további paramétereit a sima beillesztéshez képest.
- Ctrl+Z: az utolsó művelet visszavonása (ha lehetséges).
- Alt+TAB: váltás az ablakok között.
- Alt+Shift+TAB: váltás az ablakok között visszafelé haladva.
- Ctrl+Alt+Delete: régen a gép újraindítására szolgált, ma már operációs rendszertől függően más-más funkciót aktivál. Windows alatt például a Feladatkezelő indítható vele, az én gépeimen, amelyen Debian – illetve most már Ubuntu – Linux fut Xfce ablakkezelővel, ezzel lehet a gépet gyorsan zárolni.

A fentiekben a TAB a „tabulátor” billentyűt jelenti, ami általában baloldalt a Caps Lock felett található és két egymással ellentétes irányba mutató vízszintes nyíl szokott lenni rajta.

A használat során figyelni kell arra, hogy a billentyűzetekbe folyadék ne kerüljön, mert összezavarhatja a billentyűk lenyomását figyelő áramkört, ami teljesen tönkre is teheti az eszközt.

8.2. Egér

A billentyűzet után a második leggyakrabban használt bemeneti egység az egér. Bár nem olyan régóta használt bemeneti egység, mint a billentyűzet, van már némi múltja. Népszerűségét az Apple cégnek köszönheti, amely először mutatott be grafikus kezelő felülettel rendelkező számítógépet 1985–86 körül. A neve onnan származhat, hogy alakja (kis fehér doboz, amely csúszkál és egy vékony zsinór jön ki belőle) a gyártókat – vagy inkább a felhasználókat – egy egérre emlékeztette.



49. ábra: Egy egyszerű, kétgombos, görgős egér

Használata során egy kis jelet mozgatunk a képernyőn. Ezenkívül a tetején látható néhány gomb és a legújabb egereknél egy vagy több görgő is. Ezek lenyomása, illetve a görgő forgatása további események bekövetkezését eredményezheti attól függően, hogy az egérmutató éppen hol található, és az egyes programok milyen viselkedést rendelnek az adott programhoz.

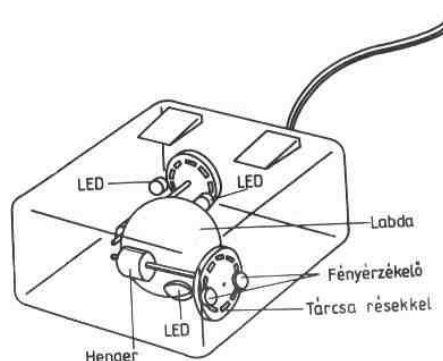


50. ábra: Az Apple Magic Mouse, amelyet többet bíráltak, mint dicsérték

A gombok száma az idők folyamán nőtt: az Apple egerei egy gombbal rendelkeztek, és a módosító billentyűkkel lehetett további funkciókat elérni. Az első PC-hez készült egereken két gomb volt, ma pedig már a három gombos egeret használjuk általában (ennek középső gombja a görgő lenyomásával érhető el). Természetesen a billentyűzet módosító billentyűi is adhatnak még további lehetőségeket. Általában a bal gomb az *elsődleges gomb* (de ezt – főleg balkezesek kedvéért – meg lehet változtatni), hiszen ezen a gombon van a mutatóujjunk.

8.2.1. Az optomechanikai egér

Az 1980-as, 90-es évek tipikus egere volt az **optomechanikai egér**. Ez egy mozgóalkatrészeket és optikai érzékelőket is tartalmazó egér, amelynek felépítése a 51. ábrán látható. Mint az ábra mutatja, az egér alján egy gumibevonatú golyó található, amely elfordul az egér mozgatása hatására, hiszen az egér alján levő nyíláson keresztül érintkezik az egér alatti felülettel. A golyó két, egymásra merőlegesen elhelyezett hengerhez ér hozzá, amelyeket megforgatva az egyiknek a vízszintes, a másiknak a függőleges elmozdulást adja át. A hengerek végén egy-egy tárcsa található, amelyek résein áthaladó fényt egy fényérzékelő figyel a tárcsa mindkét oldalán. A fény megszakadásának tempójából az érzékelő megállapítja az adott irányba eső elmozdulást. Az ebből összeállt jelet, és az esetleg lenyomott gomb tényét kapja meg a számítógép az egértől.



51. ábra: Az optomechanikai egér felépítése

Ezzel az egérfajtával a fő probléma, hogy a gumibevonatú golyó összegyűjti a port és felhordja a hengerekre. Ahogy a hengereken egy porgyűrű alakul ki, úgy a golyó és a henger elcsúszik egymáson, ezzel lehetetlenné válik az elmozdulás pontos érzékelése. Másik gond, ha a golyó valahol megsérül. Ekkor a kialakuló sík felület amikor alulra kerül, a golyó erre ráülve többé nem akar elfordulni, csak csúszik, így teljesen lehetetlenné téve az eszköz működését. Az előbbi problémát az egér rendszeres tisztításával lehetett orvosolni, az utóbbit azonban már nem lehet javítani.

8.2.2. Optikai egér

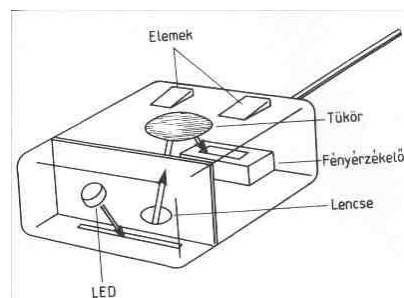
Az **optikai egérnek** nincs mozgó alkatrésze, így nincs, ami tönkre mehetne.¹⁶

A 52. ábra mutatja az optikai egér elvi felépítését. Mint látható, itt az egér alatti felületet egy LED – jobb modelleknél lézer – fényével megvilágítja. A felületről visszaverődő fényt egy fényérzékelőre irányítja az optika. Ez a fényérzékelő a felület mintázatát is érzékeli, sőt ennek elmozdulását is. Éppen ez a lényeg: az elmozdulás alapján állapítja meg az elektronika, hogy merre és mennyit mozdult el az egér.

¹⁶ Ennek ellenére ez az egér is tönkre tud menni, hiszen az elektronikája is meghibásodhat!

Amennyiben ezt az egeret túl gyorsan mozgatjuk vagy túlzottan fényes felületre tesszük, esetleg olyan felületen használjuk, amely nagyon szétszórja a fényt, akkor a fényérzékelő nem tudja megfelelően érzékelni a mintázat elmozdulását, így hamis adatokat szolgáltat a számítógépnek. Ilyenkor lehet tapasztalni, hogy az egérmutató „remeg” a képernyőn, vagy egy kis mozdulattól is elszalad a képernyő valamelyik szélére.

A fentiekből következően bár tartósabb, de pontatlanabb eredményt ad az optomechanikai egérnél. Éppen ezért ott, ahol pontos elmozdulás mérésére volt szükség, sokáig használták még az optomechanikai egeret az optikai egér elterjedése után is.



52. ábra: Az optikai egér felépítése

8.2.3. Trackball

Sokan csúfolták magyarul ezt az eszközt „hanyattegér”-nek is. Valójában egy kis dobozról van szó, amelynek a tetején van egy forgatható golyó, amelynek forgatását az optomechanikai egérrel azonos technikai megoldással érzékeli. Előnye ennek a megoldásnak, hogy maga az eszköz egy helyben van, nem kell mozgatni, így jól helyettesítheti a valódi egereket ott, ahol azok elhelyezésére nincs hely. Egyes laptopokhoz régen ilyen egér tartozott.

Az említett magyar név azért nem helytálló, mert egy normális optomechanikai egeret hanyatt fordítva, a golyó beleesik a belsejébe, így az nem fog működni.

Kisebbségi változata a trackballnak a trackpoint, amely egyes laptopokon a billentyűzetben, néhány billentyű között elhelyezett kis gomb.



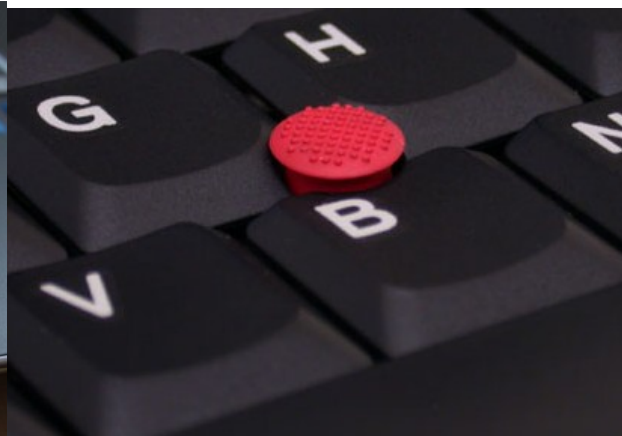
53. ábra: Egy modern trackball

8.2.4. Touchpad: érintőpad

A laptopok másik tipikus egér-helyettesítő *mutatóeszköze* – az általam nagyon utált – érintőpad vagy eredeti angol nevén touchpad. Ez egyetlen érintésre érzékeny lapból áll, amely az ujjunk jelenlétére reagál. Valójában az ujjunk közelsége által a felületen okozott feszültségváltozásra reagál. Az



55. ábra: Touchpad, magyarul érintőpad, laptopok tipikus mutatóeszköze



54. ábra: Trackpoint, laptopokban (főképp IBM Thinkpadnál) használt mutatóeszköz

ujjunkat mozgatva lehet az egér mutatóját mozgatni. Ha az ujjunkkal koppintunk egyet a felületen az az egér bal gombjának lenyomásával majd elengedésével, azaz a kattintással egyenértékű. Pontosan ez az érintőpad legnagyobb hibája: a laptopok billentyűzete elé szokás helyezni, ahol gépelés közben az ember keze véletlenül is hozzáérhet (sőt egy nedves ruhaujj is kiválthatja a megérintés érzékelését). Ha túl érzékeny a touchpad, akkor egy ilyen véletlen hozzáérést is kattintásként érzékel, ami időnként kifejezetten idegesítő lehet. Ezért az operációs rendszerek egy részében kikapcsolható az érintőpad. Más laptopok esetében pedig szinte egyáltalán nem érzékeli az ember ujját.

8.2.5. Érintőképernyő, fényceruza

További mutató eszköz, amellyel az egérmutatót lehet mozgatni, de más jellegű adatbevitelre is alkalmas, az érintőképernyő és annak elődje, a fényceruza.

A fényceruza a régi, képcsöves CRT monitorok működési elvét használta ki, míg az érintőképernyő az érintőpadéhoz hasonló elven működik (ma már vannak más megoldások is, amelyek több ujjas használatot is lehetővé tesznek). Az új telefonok fő bemeneti eszköze már a több ujjal is használható érintőképernyő lett.

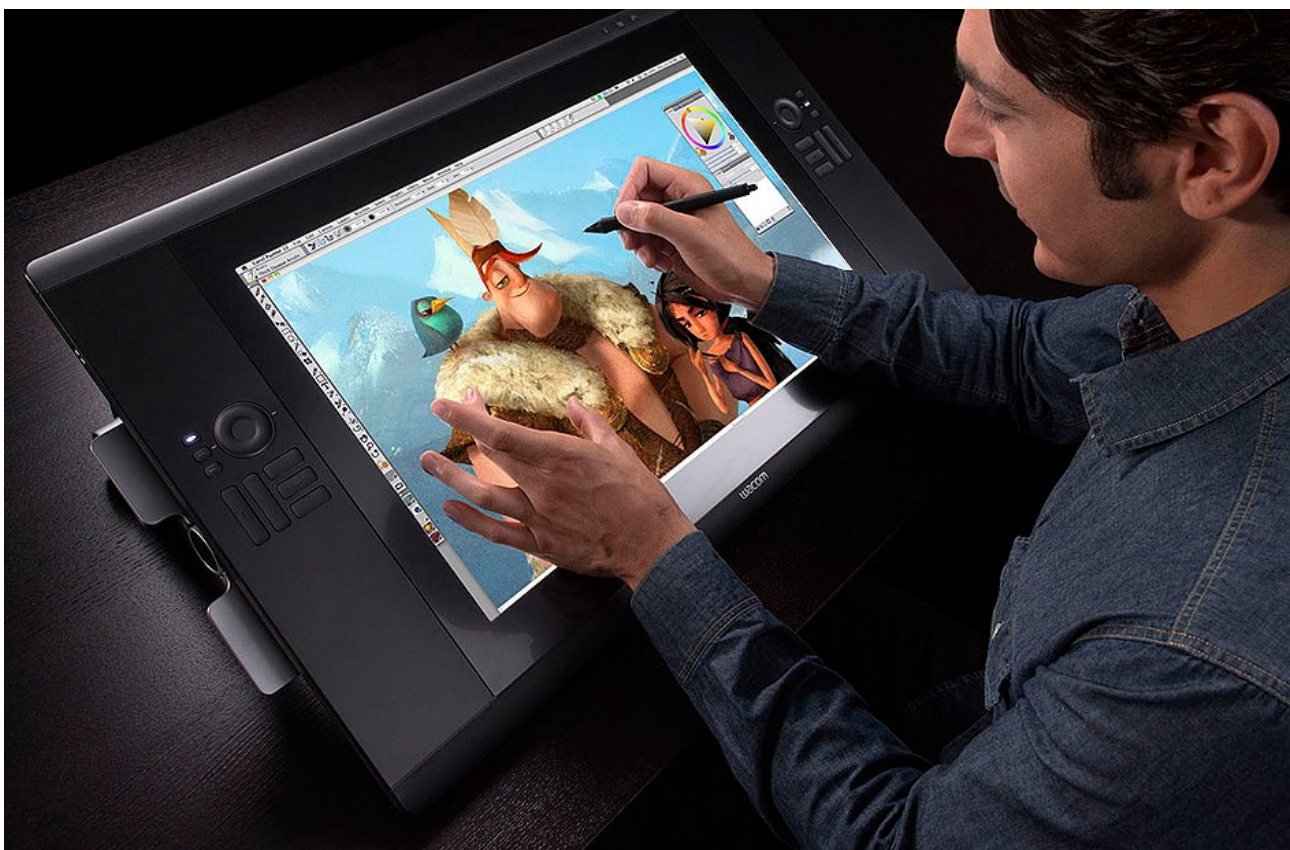
8.3. Digitális rajztábla

Kicsit egér-szerű, de annál többet nyújtó bemeneti eszköz a **digitális rajztábla**. Ebben az esetben egy kis tollat mozgatunk egy speciális tábla felett, amely érzékeli a toll pozícióját. Eddig annyit tudna, mint egy egér. Igen ám, de a tollnak a táblához érintése nem egyszerűen egérekattintásnak számít, hanem az *érintés erősségét*, a *toll dőlésszögét*, a *mozgatás sebességét* stb. is továbbítja a számítógép felé. Ezzel gyakorlatilag egy digitális rajzolóeszközt kapunk, amellyel nagyon jól lehet a számítógépen rajzolni.

Illetve jól lehetne, ha azon a felületen jelenne meg a rajz, ahol a tollat mozgatjuk. A 56. ábrán látható, hagyományos digitális rajztábla esetén azonban ez nem lehetséges, hiszen a rajz a képernyőn jelenik meg, nem a táblán. Gyakorlott művészeknek már ez nem okoz túl sok gondot, mert meg tudják találni a tollal a megfelelő pozíciót. De sokkal kényelmesebb megoldás lenne a 57. ábrán látható eszköz, amely egyszerre multitouch-képes érintőképernyő és digitális rajztábla. Ennek még további előnye, hogy kézzel el lehet mozdítani vagy akár forgatni is a rajzot rajzolás közben – feltéve, hogy a rajzoló program ezt támogatja.



56. ábra: A legprofibb digitális rajzárta gyártó, a Wacom egyik modellje



57. ábra: Digitális rajzárta és érintőképernyő egyben: tökéletes digitális rajzóeszköz

Természetesen vannak olyan táblák is, amelyek kis kijelzővel rendelkeznek, de érintőképernyőként nem használhatók...

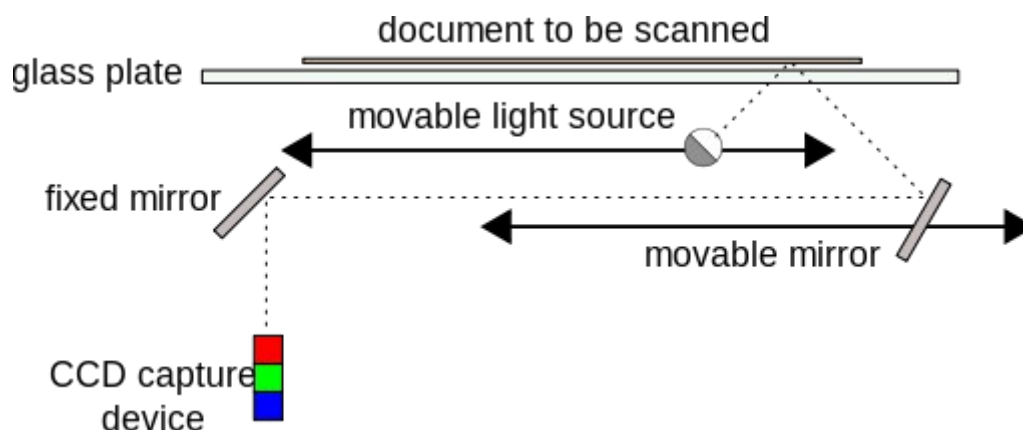
8.4. Scanner

A CCD (Charge-Coupled Device) egy fényérzékelő félvezető, amely a ráeső fény erősségével arányos elektromos feszültséget állít elő. Ha ilyen félvezetőket egymás mellé helyezünk és erre egy dokumentumról visszavert fényt vetítünk, akkor a feszültség szinteket digitalizálva a dokumentumnak a fénycsíkba eső sávjának pontjai világosságát vagy sötétségét lehet megmérni. Ha pedig a szomszédos fényérzékelő elemek elé egy vörös/zöld/kék színszűrőt is helyezünk, akkor a szomszédos három érzékelő egy pont színét tudja RGB kódolás szerint digitalizálva előállítani. Ezután már csak azt kell megoldani, hogy a CCD érzékelőkre eső fény *végigpásztázza* a digitalizálni kívánt dokumentum felületét és sorról sorra elő lehet állítani a dokumentum digitális képpé alakított megfelelőjét.

A 58. ábrán látható ennek a megvalósítási elve. Az eszközt, amely ilyen módon működve képes dokumentumok digitális képpé alakítására az angol *scanner* néven ismerjük (a *scanner* szó jelentése *pásztázó*, ami a működési elvre utal, vagyis, hogy fénnel végigpásztázza a dokumentumot). Magyarul nem igazán terjedt el a *képdigitalizáló* név, helyette sajnos a „szkenner” kifejezést szokták használni.

Az ábra a tipikus elrendezést, a *sík-scannert* mutatja, ahol egy *üveglapra* (glass plate) kell lefelé fordítva elhelyezni a *digitalizálandó dokumentumot* (document to be scanned). Az üveglap alatt egy *fényforrás* mozog (movable light source) és vele szinkronban egy *tükör* (movable mirror). Ezek gondoskodnak a dokumentum végigpásztázásáról. A fény egy *fix tükro*n (fixed mirror) keresztül vetül a CCD csipre, amely a digitalizálást végzi. Más megoldásként elképzelhető, hogy maga a CCD csip is a mozgó elemen található. Más kialakítású scanner-ek is vannak, például olyan is, ahol kézzel kell mozgatni az eszközt (nyilván ha valaki nem egyenletes sebességgel mozgatja, akkor az eredmény nem lesz tökéletes).

A scanner fontos paramétere a *felbontás*, amit **DPI**-ben szokás megadni. Ez a **Dot Per Inch** rövidítése. Jelentése: egy hüvelyk (kb. 2,5 cm) hosszon hány pontot különböztet meg. Ez az érték a scannerhez tartozó programban is beállítható bizonyos határok között. Minél nagyobb az érték, annál precízebb, részletesebb lesz az eredmény, viszont annál nagyobb adatmennyiség keletkezik. Ezért célszerű mindig megkeresni azt a felbontást, amely a célnak megfelel. Szintén változhat a *színmélység* is: az elterjedt változat 24 bites színmélységet használ, amely azt jelenti, hogy a három alapszín 8-8 biten tárolódik, azaz egy képpont 3 byte adatot eredményez. Kifejezetten magas minőségű eszközök képesek 36–48 bites színmélységre is.



58. ábra: A scanner működési elve (Wikipédia kép)

Általában a scanner programok lehetővé teszik a dokumentum kis felbontású *gyorspásztázását*, majd ezután a ténylegesen digitalizálandó terület kijelölését. Ezzel időt is lehet takarítani, hiszen ha kisebb területet kell digitalizálni az gyorsabb, másrészt az elkészülő kép méretét is csökkenteni lehet. Ez utóbbi nagyon lényeges lehet, ha figyelembe vesszük, hogy egy kép digitalizálása esetén nagyon alacsonynak tekinthető 300 DPI felbontás esetén egy A/4-es lap $8,27'' \times 11,69''$ mérete 24 bites színmélységgel számolva 87 008 byte, azaz 87 Mbyte méretű állományt igényelne!

Érdemes még megjegyezni, hogy a scanner és a fénymásoló működési elve részben megegyezik. A különbség csak abban van, hogy a fénymásolóban a CCD csip helyén egy *lézernyomtató* található (lásd a kimeneti egységeknél).

9. Kimeneti egységek

A számítógép a külvilág számára információt átadni a kimeneti perifériákon keresztül tud. A legelterjedtebb ezek közül az alábbiak:

- Monitor
- Nyomtató
- Rajzgép

Természetesen a fentieken kívül vannak más kimeneti perifériák is, mint például a hangszóró, de a továbbiakban a fenti három fajtáról lesz szó.

9.1. Monitor

Élő képes kimenetet szolgáltató periféria többféle is van: CRT monitor, LCD kijelző, TFT monitor és projektor. Ezeknek a közös jellemzője, hogy a fénypontok színe az emberi szemben egy folyamatos képpé áll össze. E célból a fénypontok egy két dimenziós tömböt alkotnak, amelyben egy pont olyan kis méretű, hogy szemmel ne lehessen a pontokat megkülönböztetni. Ezek a fénypontok hivatalosan a *pixel* nevet viselik (magyarul *képpontnak* mondjuk).

A monitorok és a televíziók működési elve gyakorlatilag azonos, de a televíziót távolabbról szokás nézni, míg a monitorokat úgy alakítják ki, hogy nagyjából fél méteres távolságból lehessen a képernyőjét nézni. Különbség még, hogy a monitornak olyannak kell lennie, amely hosszú távú folyamatos használat esetén sem fárasztja a szemet. Emiatt az első – még egyszínű – monitorok nem fekete-fehérek voltak, mint a televíziók, hanem a zöld vagy a narancssárga árnyalatait jelenítették meg, amelyeket nézni kevésbé fárasztó.

Ezek a zöld vagy narancssárga monitorok *monokróm* (*monochrome*) – az akkor elterjedt technológiának megfelelően CRT – monitorok voltak. A színes monitorok a színes televíziókéval megegyezően valójában három színt használnak: a szomszédos fénypontok piros, zöld és kék színnel világítanak. Egy ilyen hármas alkot egy képpontot, amelyet olyan színűnek látunk, amit a három szín intenzitása kelt. Ez a technika egyszerűbbé teszi a színek megjelenítését, mint ha minden lehetséges színt ugyanannak az egy fénypontnak kellene valahogyan előállítania. A piros, zöld és kék szín összekeverését alkalmazó megoldás az RGB színkódolásnak felel meg: mindhárom színhez egy byte tartozik, amelynek minél nagyobb az értéke, az adott szín annál világosabb. Ez a színkódolás ugyan nem képes minden valódi színt egyforma minőségben előállítani, de mivel az emberi szem éppen ennek a három színnek a felismerésére rendelkezik idegsejtekkel, elég élethű képet ad. Az RGB színkódolás az additív színkeverésre épül, azaz mindhárom szín egyenlő intenzitása a szürke árnyalatait, teljes intenzitása a fehér színt adja.

Az első monitorok ráadásul csak egy adott karakterkészlet elemeit tudták megjeleníteni, de elég hamar megjelentek helyettük az egyszerűbb elektronikájú grafikus monitorok (a csak karaktereket megjelenítő monitorok a számítógéptől a karakter kódját kapták, így a számítógép egyszerűbb felépítésű volt, cserébe a monitorba kellett egy kisebb célszámítógép az egyes karakterkódoknak megfelelő kép megjelenítéséhez).

A monitoroknak a működési módjuktól függetlenül fontos tulajdonsága a *felbontás*. A felbontás adja meg, hogy hány sorban hány képpontot tud megjeleníteni. Egy monitor több felbontással is használható, de minden monitornak megvan a „kedvenc” felbontása, míg a többiben használva általában gyengébb képminőséget ad. Tipikus felbontások voltak eredetileg a 640×480, 600×800, 1024×768, manapság pedig a legelterjedtebb a 1920×1080 (Full HD), de már terjedőben van az

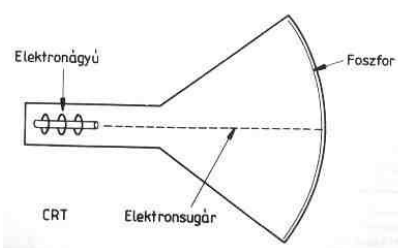
Ultra HD elnevezésű (más néven 4K) felbontás is. A 2020-as Nyári Olimpiáról, Tokióból pedig már a 8K felbontásban való közvetítést is tervezik.

Másik fontos tulajdonság a felbontással összefüggésben a képarány. Ez eredetileg 4:3 volt, azaz ha a képernyő szélessége 4 egység, akkor a magassága 3 egység. Mikor megjelent a HD szabvány, az a 16:9-es képarányt definiálta, emiatt megjelentek a 16:10-es, majd a 16:9-es képarányú monitorok is. De létezik 21:9-es képarányú (a filmek anamorf 2.39:1 képarányának számítástechnikai megfelelője), amelyek közül az LG egyik modellje 2560×1080 felbontású (vagyis a magassága megfelel a HD felbontásnak), úgynevezett UltraWide Full HD (59. ábra). A képarány mellett fontos tulajdonság még a képátló, amely a téglalap alakú képernyő két szemközti csúcsának távolságát adja meg – általában hüvelykben.

9.1.1. Katódsugárcsöves monitorok

A CRT a katódsugárcső (angolul *cathode ray tube*) rövidítése. Ez valójában egy speciális elektroncső (lásd 60. ábra), amely katódjáról (az ábrán „Elektronágyú” néven szerepel) induló elektronok egy – az ábrán nem jelölt – elektromágnes által eltérítve a foszforral bevont gömbfelületre érkeznek. A foszforral bevont felület az elektronsugár intenzitásával arányos erejű fénnel felvillan.

Az elektromágnes folyamatosan változtatja az irányt, amerre az elektronsugarat eltéríti, így a felvillanás sorról sorra haladva a teljes felületen végighalad. Egy végigfutás olyan gyorsan történik, hogy az emberi szem ugyan érzékeli azt, de az agyunk már nem képes a képpontokat tudatosan megkülönböztetni, csupán egy egységes képpé összemosva. A fény-



60. ábra: A katódsugárcső működési elve



59. ábra: 21:9 képarányú, UltraWide Full HD monitor az LG kínálatából (az LG honlapjáról származik a kép)

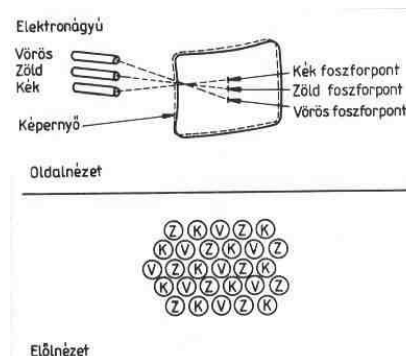
felvillanás végigfutásának sebességét *képfrissítési frekvenciának* nevezzük. Ez Hz (herz) mértékegységben azt adja meg, hogy egy adott másodperc alatt mennyi teljes kép jelenik meg, azaz hány-szor fut végig a felvillanás a teljes képernyőn. A hagyományos televízióknál ez az érték Európában 25 Hz, Amerikában 30 Hz volt. Ekkor azonban csak tudatosan nem érzékeljük a képpontok felvillanását (állítólag például a macskák érzékelik) külön-külön, de valójában az agyunk rakja össze a vibráló képet egységes képpé, ami rendkívül fárasztó az agyunk számára és a szemünket is rontja. Emiatt a monitoroknál ennél nagyobb frekvenciát kell használni. Eredetileg 40–60 Hz volt a monitorok képfrissítési frekvenciája, de a jobb monitorok 100 Hz fölötti frekvenciára is képesek voltak, ami már sokkal barátságosabb hosszú távú használatra.

A színes megjelenítést a CRT monitorok és a képcsöves televíziók három elektronágyú használatával oldották meg, ahogy az a 61. ábrán látható.

A televízióknak van még egy rossz szokása: a 25, illetve Amerikában 30 képet másodpercenként valójában két fél képre bontották, hogy a televízió képernyőjén fele annyi sort elég legyen létrehozni. Így felváltva az eredeti kép páros és páratlan soraiból álló fél képeket váltogatva kapja a készülék megjelenítésre és valójában kétszer akkora képfrissítési frekvenciát, azaz 50, illetve 60 Hz-et használtak. Ezt a rendszert a monitorok is használták a legnagyobb felbontásuk megvalósítására. Ezt hívták *interlaced* megoldásnak. Ennél szemrontóbb megoldást elképzelni sem lehet!

A katódsugárcső működése során még az eddig említetteken kívül is több egészségkárosító hatás jelentkezik. Ezek egyike a nagy feszültség, amely a készülék belsejében van, amire az elektronnaláb létrehozásához van szükség. Ennél nagyobb veszélyt jelentenek a következők:

- Az elektronsugár negatív töltéssel feltölti a képernyő felületét. Ez a képernyőre vonzza a készülék környezetéből a porszemeket. Ettől egyrészt a képernyő poros lesz, de ez a por is egy idő után negatív töltést kap, ami miatt viszont a képernyő eltaszítja magától. Emiatt a készülék előtt ülő egy idő múlva gyakorlatilag egy porágyút fog nézni. Az elektromosan töltött por pedig a szemet károsítja.
- Emellett ne feledkezzünk el a már fentebb említett vibráló képről, ami az agyunkat fárasztja – különösen akkor fárasztó ez, ha a helyiség megvilágítása is vibráló fénnel történik (pl. neonfény) vagy sötét van a helyiségben.
- Minden elektronsőben keletkezik röntgensugárzás, de a képcsőként használt elektronsővekben ez talán még erősebb. Ez pedig közismerten rákkeltő hatású. Televízió nézése esetén ez talán nem olyan veszélyes, mivel jellemzően több méteres távolságról szokás tévét nézni. Ám a monitort általában fél méternél nem nagyobb távolságból szokás nézni, ahol már ez a sugárzás nagyon veszélyessé válik. Emiatt a monitorok speciális, alacsony sugárzású képcsővekkel készültek.



61. ábra: Színes megjelenítés katódsugárcsővel

A fenti problémákat részben orvosolni lehetett egy monitorszűrő ernyőnek (62. ábra) a monitor képernyője elé történő felrögzítésével. Azonban az elektromos töltést kapó por problémáját ez csak elodázza, ha a töltést erről az ernyőről nem vezetjük le. A töltés levezetésére szolgál a képen is látható földelő vezeték.

A bemeneti perifériáknál említett fényceruza a CRT monitor működési elvét használja fel adatbevitelre: a ceruza elektronikája figyeli a monitor frekvenciáját és kiszámolja, hol járt éppen az elektronsugár a képernyőn, amikor a ceruza felvillanni érzékelte azt. Ez alapján tudja a számítógéppel tudatni, hogy melyik képernyő koordináta felett tartja éppen a felhasználó.



62. ábra: Monitorszűrő CRT monitorra a pcbonto.hu kínálatából

9.1.2. A „lapos” monitorok

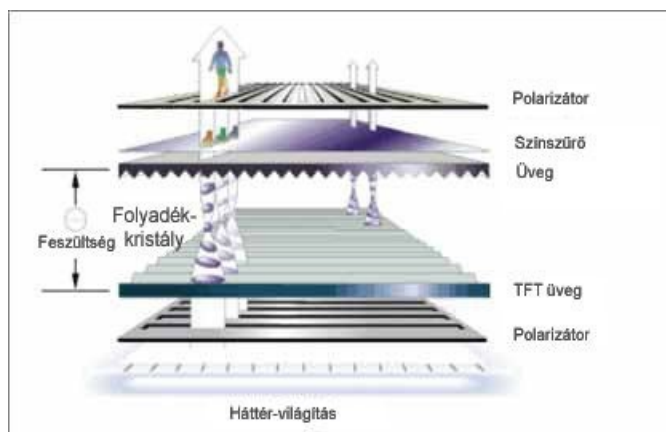
A CRT monitor már említett hátrányaihoz a hordozható gépek még néhányat hozzáadnak: a képcső nehéz, nagy méretű és sok áramot fogyaszt. Ezért a CRT monitornál használt megoldás hordozható gépekben nem alkalmazható.

Kis kijelzőknél már régóta használták, de monitorra szükséges méretekben sokáig nem lehetett előállítani a folyadékkristályos kijelzőket, azaz az **LCD-t** (*liquid crystal display* = folyadékkristályos kijelző). A folyadékkristállyal már 1911. óta kísérleteztek, de az első működő monitor megjelenésére 1960-ig várni kellett. Sokáig azonban a minősége még rettenetes volt a CRT monitorokhoz képest.

Az LCD monitor működési elve nagyon egyszerű: két, belső felületén mikronméretű árokkal ellátott lap közé folyadékkristályos anyagot helyeznek, amely nyugalmi állapotban átlátszó, feszültséget bele vezetve viszont átlátszatlaná válik. A monitor belsejében levő fényforrás fényét így az egyik képpontban látjuk, a másikban nem. A kép csak akkor vibrál, ha a fényforrás vibráló fényű. Nincs elektromos feltöltődés miatti poráram, nincs röntgensugárzás. Ráadásul sokkal kevesebb áramot fogyaszt (főleg világos képpontok esetén).

Van viszont helyette gyenge képminőség: az LCD oldalról nézve hamis színű képet ad. Az első laptopok képernyője esetén az is előfordulhatott, hogy a közepére nézve szemből, a képernyő sarkai már hamis színben látszottak.

A **TFT** (*Thin Film Transistor*) az LCD továbbfejlesztésével kapott technológia, amelyben minden egyes képpont saját vezérlő tranzisztorttal rendelkezik. A 63. ábrán láthatóan a folyadékkristály két membrán között helyezkedik el. Az egyik membrán vízszintesen, a másik függőlegesen polarizálja a fényt, így ha nem lenne köztük folyadékkristály, akkor a fény, ami az egyikén átjut, a másik membránon fennakadna, vagyis a fe-



63. ábra: A TFT monitor egyik lehetséges működési elve

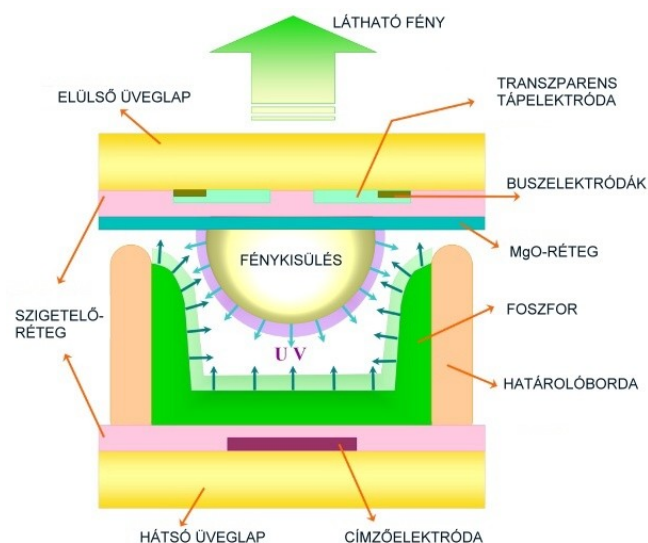
kete lenne a kép. Ám a tranzisztor által adott feszültség hatására a folyadékkristály úgy rendeződik el, hogy a fény hullámsíkját éppen 90° -kal elforgatja, ami így ki tud lépni az elől levő membránon.

Ezt a technológiát hívják aktív-mátrixos LCD-nek is. A képminősége már utolérte, sőt a legújabbaké már meg is haladta a CRT monitorokét. Mostanáig a „lapostévék” többsége is a TFT technológiát használja.

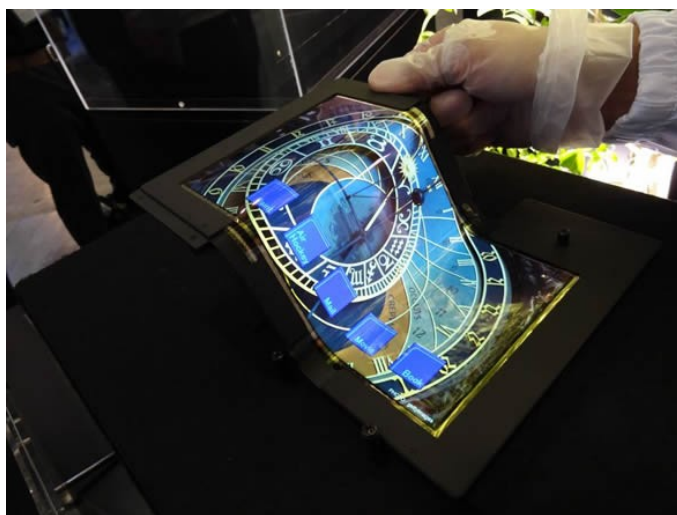
A TFT-hez képest jóval drágább, de még élethűbb képet aadó technológia a PDP: *Plasma Display Panel*, azaz a plazmakijelző. Ennél a fajta kijelzőnél az egyes képpontoknál elektronikusan ionizált gáz található. Ez az ionizált gáz az ionizáltsága mértékében világít. A technológia 2014–2016 körül gyakorlatilag eltűnt a piacról, mert előállítási költsége magasabb volt, mint amennyiért megérte gyártani.

A legújabb technológia az OLED kijelző, amely nagyon jó képminőséget ad, ráadásul papírnál vékonyabb rétegű, hajlítható lap formájában is előállítható (lásd 65. és 66. ábra). Az OLED az Organic Light Emission Diode (Organic LED) rövidítése. Lényegében egy újfajta, nagyon vékony LED-ből állnak a képpontok. A technológia lehetővé teszi nagyon éles képek előállítását, ráadásul a megszokottól nagyon eltérő elhelyezésekkel is, mint például az ablaküvekre vagy a borotválkozó tükörré ragasztott fólia formájában.

A TFT monitoroknak fontos jellemzője a válaszidő. Az LCD monitoroknak ez volt a nagy hátránya: a folyadékkristály egyik állapotából a másikba túl lassan állt át. Márpedig például egy film nézésekor fontos, hogy a válaszidő minél alacsonyabb legyen, egy játékprogramnál ez még fontosabb követelmény lehet. A lassú válaszidő (ha 12 ms-nál hosszabb) zavaró lehet! Irodai munkaállomásoknál használható az olcsóbb, nagyobb válaszidejű monitor is.



64. ábra: A plazma panel egy alkeppontja



66. ábra: Kísérleti OLED fólia 2015-ből. A képen jól látszik a fólia hajlíthatósága



65. ábra: OLED monitor

9.1.3. Projektorok

A projektorok valójában speciális monitoroknak tekinthetők. Egy nagyon nagy fényerejű izzó fénye vetül egy lapra, amely a TFT monitorokhoz hasonló módon jelenít meg képet. Az ezen át az optikába érkező fény vetül ki egy nagyobb felületre. Egyes projektorok ettől eltérő technikát is használnak. Jellemző, hogy maga a fényt előállító része, az izzó a legdrágább része a készüléknek, és ennek az izzónak az üzemideje természetesen véges.

9.1.4. Monitorok főbb jellemzői

Foglaljuk össze a monitorra jellemző paramétereket:

- Megjelenítési technológia, CRT, LCD, TFT, PDP, OLED, AMOLED
- Képtároló: a monitor egyik sarkától a szemben levő sarokig terjedő távolság, általában hüvelykben megadva.
- Képarány: a szélesség és a magasság aránya. Tipikus képarány volt régen a 4:3, ma pedig a HD felbontás a 16:9 képarányt használja, de léteznek például 21:9-es képarányú, filmekhez igazodó monitorok is.
- Kontraszt: A részletgazdagságot jellemző tulajdonság 250:1 értékről indul, akár 10 000:1 vagy jobb értékig is terjedhet már. Értéke a legfényesebb és a legsötétebb pixel fényerejének hányadosa. Minél nagyobb, annál szebb képre számíthatunk.
- Válaszidő: mennyi idő kell egy képpont értékének megváltoztatásához. LCD, TFT monitorok jellemzője.
- Képfriessítési frekvencia: egy másodperc alatt hány képet tud megjeleníteni a CRT monitor. LCD és TFT monitorok esetében a válaszidő felel meg neki (a számítógép számára ekkor is fontos a képfriessítési frekvencia, vagyis hogy másodpercenként hány képet küldhet a monitorra).
- Fényerő: A monitor fényességét jellemzi. CRT monitornál az elektronok felvillanásának fényessége, LCD esetén a háttérvilágítás erőssége.
- Maximális felbontás: A pixelek száma határozza meg, hogy mi a legnagyobb lehetséges felbontás. CRT monitorok ennél esetleg még egyel jobb felbontást is elbírnak de csak a kifejezetten szemrontó *interlaced* módban.
- Optimális felbontás: LCD monitorok általában egy adott felbontásra vannak kialakítva, míg a többi felbontásnál egy tényleges képpontot több fizikai képponttal tud megvalósítani, amely gyengébb (életlenebb) képminőséget eredményez. Általában ez a maximális felbontás is.
- Megjeleníthető színek száma: Általában egy monitor az RGB komponensekhez egy-egy byte-ot használ, ami összesen 24 bit, azaz 16,7 millió lehetséges szín.
- Látószög: Az a paraméter, amely megadja, hogy a monitor milyen szögből látható. Külön adják meg a vízszintes (H) és a függőleges (V) látószöget.

9.2. Nyomtatók

A nyomtatók segítségével – általában – papírra lehet az adatokat rögzíteni.

A nyomtatóknak két nagy csoportja van: az ütő és a nem ütő nyomtatók. Az ütő nyomtatók valamilyen fizikai behatással viszik fel a festéket a papírra, míg a többi fizikailag nem ér a papírhoz.

Az első nyomtatók csak fix karakterkészletet tudtak nyomtatni, mint az írógépek, majd megjelent a mátrixnyomtatás, amelynek során kis méretű pontok alkotta mátrix hozza létre a nyomtatási képet.

9.3. Folyamatos jelű nyomtatók

Ezek a nyomtatók az írógép működési elvét használják a nyomtatáshoz: minden nyomtatható karakter egy-egy „kalapácson” található. Általában minden oszlop saját karakterkészlettel rendelkezik, és egyszerre képes a nyomtató egy teljes sort nyomtatni, ezért sornyomtatónak is hívták ezt a nyomtatófajtát.

Az írógéphez hasonlóan egy festékszalagon keresztül ütötte rá a nyomtatandó karaktert a papírra. Több változata létezett, amelyeknél az egyes karakterek elhelyezése volt az eltérő (betűlángos, margarétakerekes megoldások).

Jellemzően gyorsan tudtak nagy mennyiségű szöveget kinyomtatni, így ott használták, ahol sok szöveget kellett olcsón és gyorsan kinyomtatni (régén a közületi számlák egy része is ilyenén készült).

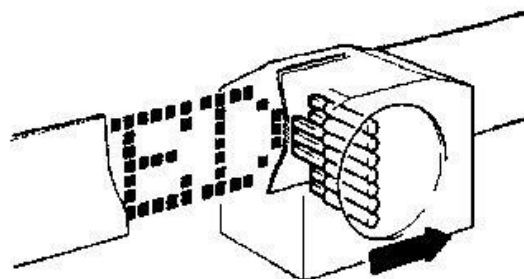
Mivel ütő nyomtatóról van szó, a működése hatalmas zajjal járt. Grafikát értelemszerűen nem tud nyomtatni.

9.3.1. Mátrix nyomtatók

Szintén ütő nyomtató volt a mátrixtűs nyomtató, amely nevéből következően már mátrixnyomtatást valósított meg, azaz képes volt apró pontokból bármilyen nyomtatási képet előállítani.



68. ábra: Egy Epson márkájú mátrixnyomtató



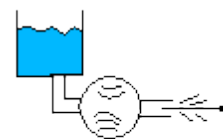
67. ábra: A mátrixtűs nyomtató nyomtatófeje

A karakterek helyett jellemzően 9, 14 vagy 24 tű volt egymás felett elhelyezve, amelyekből azok ütöttek rá a festékszalagon keresztül a papírra, amelyek helyén pontot kellett a papírra nyomtatni. Lassabb volt a sornyomtatónál, hiszen a nyomtatófejnek végig kellett futnia a soron, hogy egyszerre annyi pontsort tudjon kinyomtatni, ahány tűvel rendelkezett. Ráadásul a nyomtatási kép minőségének növelése céljából akár többször is végigmehetett ugyanott kicsit elmozdulva. Cserébe gyenge nyomtatási képet adott és ugyanolyan hangos volt, mint a folyamatos jelű nyomtatók.

Mind a folyamatos jelű, mind a mátrixnyomtató olyan kivitelű volt, hogy képes volt úgynevezett leporellóra nyomtatni. A leporelló olyan – általában A/3 méretű – lapokból álló papír, amelynek a szélein levő lyukakat a nyomtató papírtovábbítója képes volt megfogni, az egymás alatti lapok között pedig egy perforáció volt csupán, de egyébként a papír egy hosszú szalag volt (mint a vécépapír).

9.3.2. Tintasugaras nyomtató

A tintasugaras nyomtató már nem ütő nyomtató. A mátrixképet a papírra lőtt apró festékcseppekből alakítja ki. A festékpátron és a nyomtatófej egy egységet alkot, mindig együtt kell cserélni. A pátronban található festék egy apró vezetéken keresztül egy kis tartályba jut (69. ábra), ahol azt vagy felforralással előidézett túlnyomás vagy egy kis piezoelektromos kristály összenyomással kipréseli a fűvókán keresztül a papírra.



69. ábra: Tintasugaras nyomtató működési elve



70. ábra: Egy tintapátron

Egy csepp annyira kis méretű, hogy a keletkező nyomtatási kép nagyon jó minőségű lesz egy mátrixnyomtató képével összehasonlítva.

Színes tintát használva színes nyomtatás is lehetséges. Ekkor a CMYK színkeverés alapszíneivel rendelkező festékekből a nyomtatófej keveri ki a kívánt színeket a megfelelő mennyiség alkalmazásával. A CMYK színkeverés az úgynevezett *szubtraktív* színkeverés, ahol a tárgyról visszaverődött színt látjuk (ami a tárgy által elnyelt fény komplementer színe). Az alapszínek (Cyan = türkiz, Magenta = bíborvörös, Yellow = sárga, Kontraszt = sötétítésnek fekete) egyforma összekeverése feketét ad (hiszen minden színt kivonunk).

A nyomtatás speciális, sűrű, nyomásálló (vagy hőálló, ha a felforralásos, *bubblejet* technológiát használja a nyomtató) tintát igényel. A papírra került festéknek minél előbb meg kellene száradnia, hogy ne maszatolódjon el (a nyomtatóból kikerülő papír sokszor így is elázik, ha sok festék kerül rá). Ezért a tinta gyorsan szárad. Emiatt viszont a fűvókára is rászáradhat, ha levegő éri. Ezért a nyomtatóból kivett, de még nem kiürült patront mindig levegőtől elzártan kell tárolni. Erre a célra általában a nyomtatóhoz a gyártó mellékel egy vagy két kis dobozt, amelybe helyezve a doboz lezárja a fűvókát.

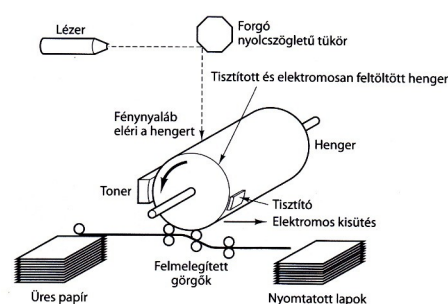
Szintén a beszáradás elkerülése érdekében szokott a nyomtató megállni a nyomtatással. Ilyenkor a nyomtatófej oldalra mozog, ahol a fűvókákat a nyomtató megtisztítja az odatapadt tintacseppektől.

Tudni kell, hogy egyes gyártók a tinta beszáradását úgy akarják megelőzni, hogy a patronba épített csipen eltárolják a gyártás dátumát és a nyomtató nem hajlandó túl régen gyártott patronnal nyomtatni, hiába van még benne tinta.¹⁷

9.3.3. Lézernyomtató

A tintasugaras nyomtatónál olcsóbban nyomtató, de színes nyomtatásra képtelen nyomtatófajta a *lézernyomtató*. Működési elve nagyjából azonos a fénymásológéval. A működési elvet a 71. ábra mutatja, amely [2]-ből származik.

A nyomtató lelke egy fényérzékeny, elektromos töltéssel ellátható henger (legtöbbször szelénbevonattal rendelkezik). A hengert először elektromosan feltölti a készülék, amely (mint a CRT monitor a port) képes a por alakú festéket magához tapasztani. Mielőtt azonban a festék rákerülne a hengerre fénnel megvilágítják azt. Jobb nyomtatóknál ez lézerrel történik, olcsóbb esetben LED fénnel. A fény kioltja a töltést a



71. ábra: A lézernyomtató működési elve (forrás: Tannenbaum: Számítógép-architektúrák)

¹⁷ A HP egyes nyomtatói ilyenek.

hengerről. Így az ezután rászórt festékpórt csak ott tapad a hengerhez, ahol azt nem érte fény. Ezután a főleg festékpórt leszórodik a hengerről (ez újra felhasználható lesz későbbi nyomtatásnál). A henger továbbfordulva a papírhoz viszi a festéket, majd egy másik henger hőhatását is felhasználva belevasalja azt. A hő szintén kiűti a hengerből a töltést, így kezdődhet előről a folyamat.



73. ábra: A HP egyik lézernyomtatója

amely egyszerre használható nyomtatóként, skannerként vagy fénymásolóként is. Igaz, ezek előbb beszkennek a dokumentumot, majd kinyomtatják, így létezik olyan is, amely tintasugaras nyomtatót használ – és így akár színes másolásra is képes.

A papír a nyomtatóból amikor kijön, a nyomtatási kép már bele van „vasalva”, így nem lehet elmaszatolni. Azonban ha színes lézernyomtatót akarunk, akkor ahhoz négy henger kell, mivel a henger nem tud különbséget tenni a színes nyomtatáshoz szükséges négy festékszín között.

A lézernyomtató egy oldalra eső működési költsége általában alacsonyabb a tintasugaras nyomtatóénál, így irodákba célszerű inkább lézernyomtatót venni. Vigyázni kell azonban, mert a lézernyomtató működése közben mérgező gázok szabadulnak fel, így célszerű sűrűn szellőztetni ott, ahol a lézernyomtatót üzemeltetik!

A fénymásoló esetében szintén a fent vázolt folyamat játszódik le azzal a különbséggel, hogy nem LED vagy lézert fény vetül a hengerre, hanem a lemásolandó dokumentum képe. Azaz egy fénymásoló nem más, mint egy skanner és egy lézernyomtató kombinációja.



72. ábra: Multifunkcionális nyomtató a DELL-től

Emiatt született meg a többfunkciós nyomtató,

9.3.4. Hőnyomtató

A hőnyomtató hőre feketedő papírt használ. Ezt a papírt kis tűk felmelegítik és így alakítják ki a nyomtatási képet. Teljesen hangtalan, viszont a speciális papír nem képes a nyomtatási képet örökre megőrizni, mert elhalványodik.

Mivel csendes, ott használják, ahol a zaj problémát okozna: faxokban található például ilyen vagy vasúti jegyek, egyéb blokkok nyomtatására használt eszközökben van még hőnyomtató. Archiválni nem lehet csak a lefénymásolt nyomtatványt, hiszen idővel eltűnik a nyomtatás a papírról. Szintén vigyázni kell, mert ha a papírt hő éri – vagy akár ha kint hagyjuk a napon – megsárgul, megfeketedik!



74. ábra: Hőnyomtató

9.3.5. Termoszublimációs nyomtatás

Képek nyomtatására nagyon jól használható speciális nyomtató, amely szilárd festéktömbökkel dolgozik. A viasz bevonatú papír a festéktömbök fölött halad, miközben a festéktömböt a készülék felmelegíti. Ennek eredményeként a festék párologni kezd, amit a papír befogad. Minél nagyobb hőmérsékletre melegíti a készülék a festéket, annál több kerül belőle a papírra. Így a többi nyomtatóval ellentétben – amelyek diszkrét árnyalatokat állítanak elő – fokozatmentes árnyalatok alakíthatók ki.



75. ábra: Termoszublimációs nyomtató

9.3.6. A CMYK színkeverés

A nyomtatás során a papírra vagy papírba kerülő festék a fényt elnyeli. Így a színes képet úgy lehet kialakítani, ha a festékek a megjeleníteni kívánt színen kívül minden mást elnyelnek. Erre a kivonó színkeverés alkalmas, amelynek alapszínei: a türkiz (cyan), a bíbor (magenta) és a sárga (yellow). Emellett a színes festékkel való spórolás céljából fekete színt is kevernek a színes nyomtatók a színhez, erre utal a Kontraszt a színkódolás nevében. Ezzel lehet előállítani a sötétebb árnyalatokat.

9.4. Rajzgép

A nyomtatók közeli rokona a rajzgép, amellyel műszaki rajzokat lehet rajzolni. Valóban rajzolni lehet, hiszen a rajzgép egy tollat mozgat két merőleges irány mentén a papír fölött. A toll cserélhető, így különböző színnel vagy vonalvastagsággal lehet rajzolni, ami szintén szükséges egy műszaki rajz esetében.



76. ábra: Rajzgép

Amennyiben a papír síkban van kifeszítve, akkor valóban két irányban mozog rajta a toll. Az elterjedtebb megoldás azonban a 76. ábrán látható elrendezés, amikor a papírt az egyik irányban hengerek mozgatják a toll alatt és a tollnak csak az erre merőleges irányban kell mozognia.

9.5. 3D nyomtató

Bár nyomtatónak hívjuk, de valójában egészen más célt szolgáló eszköz a 3D nyomtató. A 3D nyomtató valójában nem egy számítógép kimeneti egysége, hanem inkább egy számítógép-vezérlésű gyártási technológia. Ezzel térbeli alakzatokat lehet legyártani. Mára sok technikát alkalmazó 3D nyomtató alakult ki, amelyek nem csak más módon állítják elő a tárgyat, hanem más anyagot is használnak. Tipikus anyag lehet a műanyag vagy a fém. De volt már többé-kevésbé sikeres kísérlet szerves szövetek 3D nyomtatással történő előállítására is.

10. Ergonómia és környezetvédelem

10.1. Ergonómia

Az **ergonómia** az ember-gép-munkakörnyezet kapcsolatát vizsgáló tudományág. A görög *ergon* (=munka) és *nomos* (=tan, törvény) szavakból alkotott szóösszetétel. Három ága van az ergonómiának:

1. Termékergonómia: A termékekben (pl. számítógép) érvényesülő ergonómiai szemlélet, amely a használhatóságot, a kezelhetőséget, az egyszerűbb működést és karbantartást szolgálja.
2. Munkafolyamat-ergonómia: A munkahely, a munkaeszközök, a munkakörnyezet kialakításával, a munkavégzés során fellépő terhelő hatások meghatározásával, értékelésével, csökkentésének módjaival foglalkozik.
3. Szoftver-ergonómia: A számítógépes programok felhasználói felületével, annak kényelmes kialakításával foglalkozó terület.

A fentiek közül elsősorban az első kettőt járjuk kicsit körül a számítógépek és a számítógépes környezet kialakítása szempontjával. A harmadik, a szoftver-ergonómia is fontos persze, de arra a felhasználónak kevés ráhatása van.

10.1.1. A számítógép, mint termék

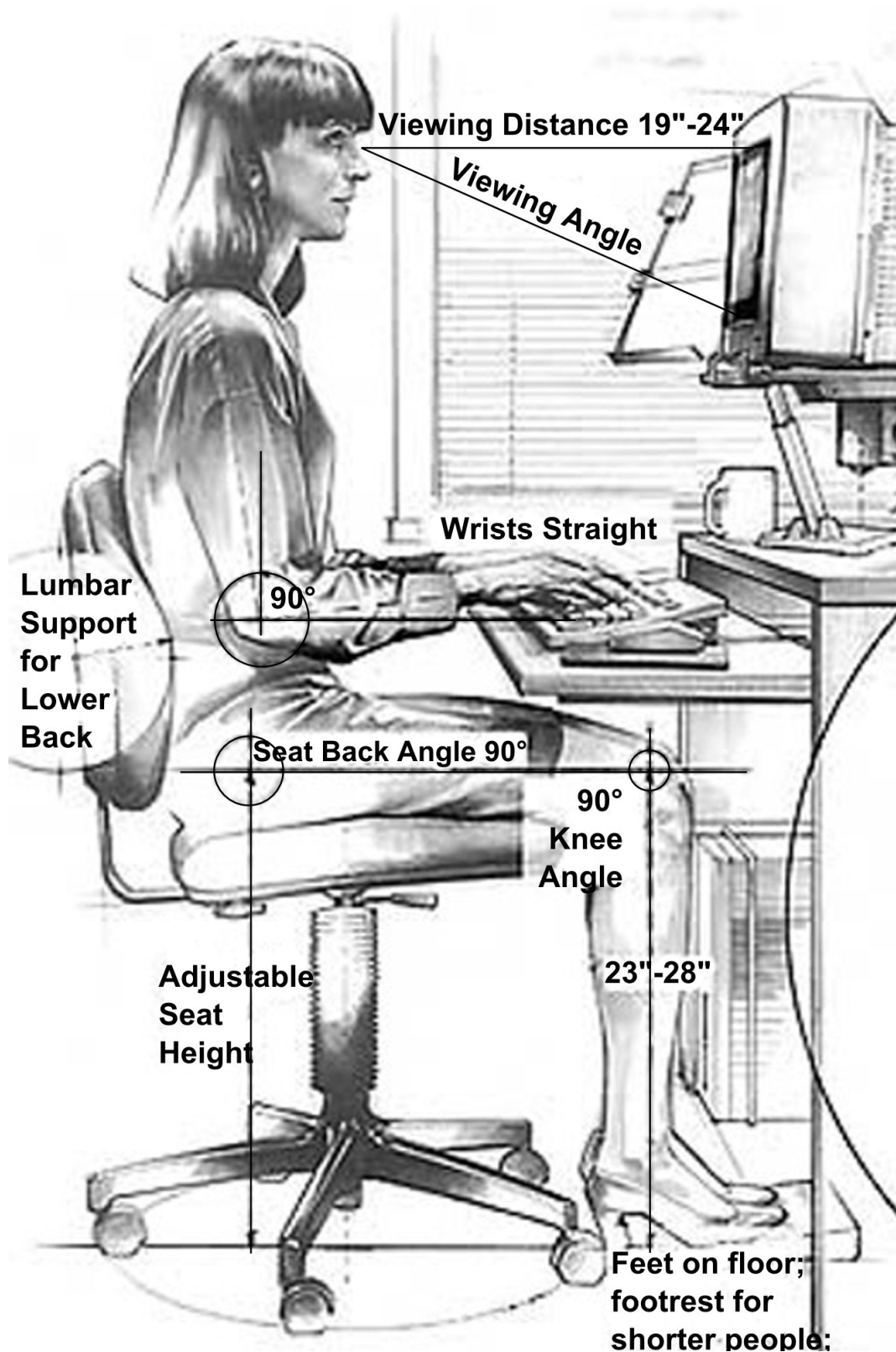
A számítógép egy műszaki termék, amelynek használata során fontos ergonómiai szempontokat kell már a gyártás (tervezés) során figyelembe venni. Ez persze elsősorban a gyártó feladata, nem a felhasználóé, de a felhasználó igényei azok, amelyeket a gyártás során figyelembe kell venni. A felhasználó számára a vásárlás során érdemes figyelni az ergonómiai szempontokra, amelyek a kialakítandó számítógépes munkahely tervezésénél merülnek fel.

Sajnos a legtöbbször, amikor az ember számítógépet vagy valamely informatikai eszközt vásárol, akkor ritkán tervezi meg előre, hogy hogyan akarja használni azt – inkább jellemzően az éppen kapható eszközöket próbáljuk amennyire lehet ergonómikusan elhelyezni. Pedig sokkal jobb megoldás, ha az ember előre meg tudja tervezni, hogy a megvásárolni kívánt eszközöket majd hogyan fogja használni.

Az egyes eszközöknél más-más egészségügyi, ergonómiai szabályok vannak, amelyeket érdemes átgondolni, mielőtt eldöntjük, melyiket vásároljuk meg. Például a monitorok ismertetésénél szerepelt néhány szempont (méret, kontrasztarány, technológia), amelyeket figyelembe kell venni – és nem mindig a legolcsóbb a legjobb megoldás, de nem is a legdrágább.

10.1.2. A számítógépes munkakörnyezet

A számítógépes munkakörnyezet kialakítása az otthoni számítógép elhelyezésénél ugyanolyan fontos, mint a munkahelyen használt gép esetében. Utóbbi kialakításába általában kevesebb beleszólásunk van, mint az otthoniba, ezért – főleg ha sok időt tölt valaki otthon a számítógépével – fontos, hogy legalább otthon igyekezzünk az ergonómikus környezet kialakítására. Emellett természetesen jogos elvárás a munkaadóktól, hogy a munkavállalóik számára kialakítsák a megfelelő környezetet a munkájuk elvégzéséhez.



77. ábra: A helyes testtartás (wikipédia)

Először is nagyon fontos a számítógép és tartozékainak elhelyezése, hogy a felhasználó számára minél kevésbé legyen megterhelő a használata. Az 77. ábra a helyes testtartást mutatja (a jelenleg a dokumentumban található ábra a Wikipédia angol nyelvű Human Factors and Ergonomics szócik-

kében¹⁸ található). Ahogy az ábrán látható, fontos, hogy a törzs függőleges, a láb felső része vízszintes, a térd alatti része függőleges legyen, a talpnak szilárdan kell állnia a talajon. Ehhez egy állítható magasságú, lehetőleg görgőkön mozgatható szék szükséges. Fontos lenne az asztalt is állítható magasságúvá tenni, de érdekes módon a bútoripar ezt nem támogatja. Ugyanis a billentyűzet és a monitor elhelyezése is fontos.

Olyan magasságban kell elhelyezni a billentyűzetet, hogy a felkar függőlegesen a törzs mellett, az alkar pedig vízszintes legyen. Fontos a billentyűzet döntött kialakítása, hogy ne kelljen a csuklónkat természetellenesen felemelni gépelés közben. Saját tapasztalat, hogy ha a gépeléshez fel kell emelni a csuklót a levegőbe, az előbb-utóbb komoly csuklófájdalmakat tud okozni. Ennek kivédésére persze létezik csuklótámasz, amelyet nem csak a billentyűzet, de az eger használata során is jól használhatunk a folyamatosan a levegőben tartott csuklóban kialakuló káros egészségügyi hatások megelőzésére. Ez a csuklótámasz általában egy kis szilikonlap, amely rugalmassága miatt kényelmesen megtámasztja az ember kezét.

A monitor elhelyezése a nyakunk és a szemünk kímélése szempontjából is nagyon fontos: úgy kell elhelyezni, hogy egyenes háttal és egyenesen tartott fejjel ülve a monitor felső széle a szemünk előtt picit szemmagasság alatt legyen. Mivel a számítógép használata során hajlamos az ember meredten nézni a monitort, a pislogás ritkábbá válása vagy teljes elmaradása a szem kiszáradását eredményezi, amely hosszú távon tönkreteszi az éleslátást is. A szemmagasság alatt elhelyezett monitor ezen a helyzeten egy kicsi javít, mivel ha lefelé nézünk, akkor a felső szemhéjunkt nincs teljesen nyitva, így kisebb felületen érintkezik a szem a levegővel. A szemmagasság felett elhelyezett monitorra felemelt fejjel kell nézni, ami a nyakizmokat terheli túlzottan. Ennek eredménye nagyon hamar nyakfájás, esetleg görcs lesz!

Az egeret, billentyűzetet, egyéb olyan bemeneti eszközt, amelyet folyamatosan használni kell (pl. digitális rajztábla) úgy kell elhelyezni, hogy a fentebb ismertetett ülő testtartáson az elérésük során ne kelljen változtatni. (Az egyenes hát szintén a hátizmok kímélését szolgálja, de ha valaki folyamatosan előre görnyedve ül, akkor a gyomra is összenyomódik, ami szintén kellemetlen eredményeket von maga után.)

A számítógép többi részét úgy kell elhelyezni, hogy minél ritkábban kell elérni, annál messzebb helyezhetően, de lehetőleg a székkal együtti mozgással elérhető legyen.

Maga a számítógép elhelyezése is fontos. A monitor magassága miatt kifejezetten kerülni kell azt a megoldást, amelyet sajnos manapság is lehet több irodában látni: a fekvő házra van elhelyezve a monitor. Ez valóban helykímélő megoldás, de a folyamatos felfelé nézés miatt komoly nyakproblémákkal kell a felhasználóknak megküzdniük, ezért ilyen megoldást soha nem szabad használni!!! Az álló házú gépeknél nem fenyeget az a veszély, hogy a monitor a tetején kerül elhelyezésre. Ezeket a házakat lehet a monitor mellett elhelyezni, de még jobb megoldás lehet, ha valamelyik oldalon, az asztal alatt helyezzük el. Fontos, hogy a ház ne zavarja a mozgást (alul elhelyezve például maradjon a lábaknak elég mozgástér). Figyelnünk kell továbbá a házból kijövő levegőre, amelyet a gép belső alkatrészei nagyon felmelegíthetnek, a szabad térbe távozzon (ne zárjuk el a levegő útját, mert túlmelegszik a gép) és senkire nem szabad azt ráfűjni. Amennyiben külső merevlemezek, szünetmentes áramforrás is tartozik a géphez, akkor azok elhelyezésénél is hasonló szempontokat kell figyelembe venni.

A munkahely fényviszonyai is nagyon fontosak! Alapvető szabály, hogy akár vibráló képet ad a monitor, akár nem, a szem kímélése érdekében tilos a helyiségben vibráló fényt adó fényforrást használni.¹⁹ Fontos, hogy a helyiségben ne legyen se sötét, se éles fény: a jó megvilágítás a nyugodt

18 https://en.wikipedia.org/wiki/Human_factors_and_ergonomics a kép címe:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c0/Computer_Workstation_Variables_cleanup.png

19 Az iskolákban jellemző a neoncsővel történő világítás, amely kifejezetten szemrontó, vibráló fényt ad. Ez a legrosszabb megvilágítási mód, ami egy számítógépes munkahelyen elképzelhető.

tónusú (pl. sárga, fehér), egyenletes fényerejű szórt fény. Nem szabad úgy elhelyezni a monitort, hogy a felhasználó, amikor ránéz, felette a szemébe süssön a nap az ablakból. Sem úgy, hogy a háta mögül a monitorra eső fény visszatükröződjön a képernyőről. A legjobb elhelyezés az ablakokra merőleges monitor képernyő.

10.1.3. Munkavédelmi szabályozás

Magyarországon is törvény szabályozza a számítógépes munkahelyen végzett munkát munkavédelmi szempontból. Ezt a szabályozást kötelező (lenne) betartani minden olyan munkakörben dolgozó érdekében, ahol a munkavégzés képernyő előtt történik – tehát nem csak számítógép előtt, hanem általában képernyő előtt. Eszerint **képernyő előtt műszakonként legfeljebb 6 órát szabad dolgozni**. Ezen felül a törvény²⁰ előírja azt is, hogy *képernyő előtti munkavégzés és számítógépes munkahely esetén úgy kell megszervezni a munkafolyamatot, hogy óránként 10 perces szünetekkel szakítsák meg a munkavégzést a munkavállaló szemének pihentetése céljából. Természetesen ez nem feltétlenül jelent pihenőidőt (lehet iratokat rendezni, telefonhívásokat bonyolítani, csak képernyőre nézni nem).*

Egészen pontosan a rendelet szövege így szól:

„4. § (1) A munkáltató a munkafolyamatokat úgy szervezi meg, hogy a folyamatos képernyő előtti munkavégzést **óránként legalább tízperces** - a (2) bekezdésben foglalt esetkör kivételével **összesen nem vonható** - szünetek szakítsák meg, továbbá a képernyő előtti tényleges munkavégzés összes ideje **a napi hat órát ne haladja meg**.

(2) Amennyiben a képernyő előtti munkavégzés (1) bekezdés szerinti megszakítása a munkavégzés céljára tekintettel más életét, testi épségét, valamint egyes vagyontárgyak biztonságát veszélyeztet, vagy az adott technológia miatt nem lehetséges, a munkáltató úgy szervezi meg a munkahelyen a napi munkavégzést, hogy a munkavállalót érő képernyő előtti megterhelés csökkentése érdekében a képernyős munkavégzést rendszeres időszakonként - a munka jellegéhez igazodóan a veszélyhelyzet kizárásával - szünetekkel szakítsák meg, vagy más tevékenységgel cserélik fel. A munkavégzés megszakításának egyszeri időtartama ebben az esetben sem lehet kevesebb, mint tíz perc, és a képernyő előtti tényleges munkavégzés összes ideje nem haladhatja meg a napi munkaidő hetvenöt százalékát.”

10.2. Fenttartható számítástechnika

A számítógép szinte minden hardvereleme olyan anyagokat tartalmaz, amelyek kikerülve a környezetbe veszélyes hulladéknak vagy akár méregnek is számít. Éppen ezért a hulladékká váló számítástechnikai eszközök mind egytől egyig veszélyes hulladéknak számítanak, szemétként dobni őket tilos.

Vagy az erre a célra szolgáló helyekre kell vinni ártalmatlanításra, vagy ha ez lehetséges oda, ahol vásároltuk. A számítástechnikai termékeket árusító üzleteknek elvileg kötelességük ezeket átvenni és az ártalmatlanításukról, újrahasznosításukról gondoskodni. Vannak ezenfelül olyan cégek, amelyek kifejezetten használt számítógépek felvásárlásával, újraértékesítésével vagy hulladékként való hasznosításukkal foglalkoznak.

20 A munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény (https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99300093.TV), 50/1999. (XI. 3.) EüM rendelet a képernyő előtti munkavégzés minimális egészségügyi és biztonsági követelményeiről, (https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99900050.eum)

Felhasznált irodalom

- 1: Wikipedia, Computer, 2017., <https://en.wikipedia.org/wiki/Computer>
- 2: Andrew S. Tanenbaum, Számítógép-architektúrák, Panem Kft., 2006
- 3: Neumann János Számítógép-tudományi Társaság, Neumann János életrajza, ,
<http://njszt.hu/neumann/az-njszt-rol/neumann-janos-eletrajza>
- 4: Magyar Wikipédia, Neumann János, , http://hu.wikipedia.org/wiki/Neumann_J%C3%A1nos