

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 egy *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 memóriánál a byte, háttértárnál a szektor vagy adatblokk.

7.1. Adattárolók hierarchiája

A fenti okok miatt az adattárolók egyes fajtái más-más célt szolgálnak. Ez alapján egy hierarchiát lehet hozzájuk megadni. Ez a hierarchia látható a 46. ábrán. Az ábrán nem csak a háttértárak láthatóak, hanem az összes adattároló!

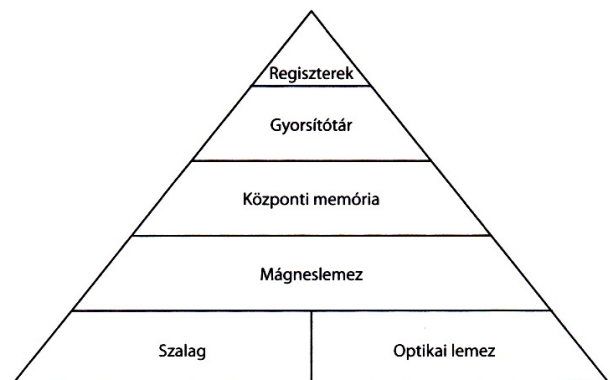
Az ábráról több dolgot is le lehet olvasni. Fentről lefelé nő a tárolókapacitás. Ugyanakkor csökken az előállítási költség és a sebesség. Vagyis a leggyorsabb adattároló a CPU belsejében elhelyezkedő regiszter – nem csupán mert a legközelebb van az ALU-hoz, hanem a megvalósításához használt technológia miatt is –, de a legdrágább is, ezért csak a feltétlenül szükséges mennyiség áll rendelkezésre belőle. Ezzel szem-

ben a memória a leglassabb elsődleges adattároló és egyben a legnagyobb kapacitású, hiszen a gyorsítótár és a memória 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



46. Ábra: Az adattárolók hierarchiája

abba, mit történik, ha a Google Drive vagy a Dropbox valamiért elérhetlenné 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 szinten ebbe a kategóriába tartozik. Mint ebből sejtethető, a félvezető tárolók többsége elsődleges adattároló, azaz valamilyen memória. Ezek sebessége az 46. 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 **FLASH-memóriaként** is emlegetik, mivel bizonyos helyeken a tartalmát áram nélkül is megőrző memóriaként is használják/használták. Manapság 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 Gbyte!

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 bitjeinek állapotát – amely a bennük tárolt értéket meghatározza – *csak véges számú alkalommal lehet módosítani*. Ez egy elég nagy érték ugyan, de mégis csak véges. Emiatt egy sokat használt pendrive esetében nem kell meglepődni azon, ha egyes részei, majd később az egész gyakorlatilag írhatatlanná válik, mintha 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 legalább 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 módosítások 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 az a pendrive-re. Így csupán egyetlen írás történik a szerkesztés alatt.

7.3.2. SSD

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

De az igazság az, hogy van hibájuk, mégpedig a 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 bizonytalaná 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

Egy valaha memóriaként használt mágneses adattárat meg kell említenünk: ez a *mágnesdob*, illetve a *ferritgyűrű* volt még az első és a második generációs számítógépek esetében. Mára ezek már történelemnek számítanak, mivel elképesztően lassúak 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, amit még ma is mindennap használunk.

7.4.1. Mágnesszalag

Aki látott még videomagnót, 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 (47. 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,



47. Ábra: Az IBM 360 mágnesszalagos egysége

míg 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 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 két hátrányát: mivel az adatok *koncentrikus körökben* helyezkednek el, könnyen kereshetővé vált és nem nyúlik meg. Az adattárolás fizikailag ugyanúgy történik ebben az esetben is.

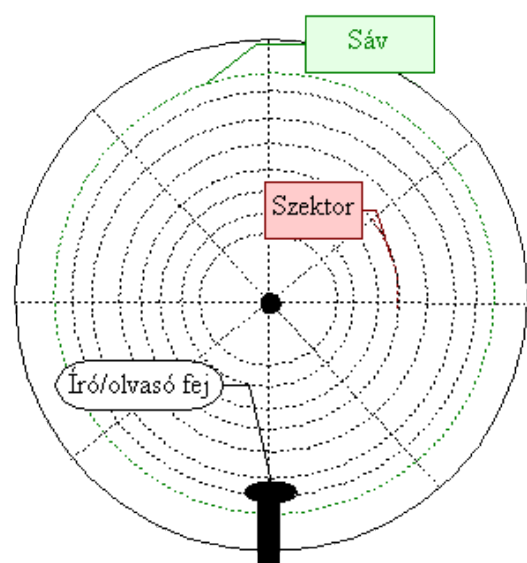
Három méretben létezett, ahogy a 48. ábra mutatja: 8 inch méretben készült változat kapacitása típustól függően 160-500 KiB volt. A következő változat a felépítésben azonos, de mindössze 5 ¼ inch méretű lemez volt, amelynek kapacitása 160 KB volt az első IBM PC számítógépek esetén, majd 1,2 MB értékig nőtt az évek során. A növekvő adatsűrűség védettebb felépítést igényelt, így a legutolsó változat, 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 (49. 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 nagyobb kapacitását a mágnesezhető anyag *szemcseméretének* csökkenése tette lehetővé, amely lehetővé tette, hogy egy bit egyre kisebb helyen tárolható legyen.

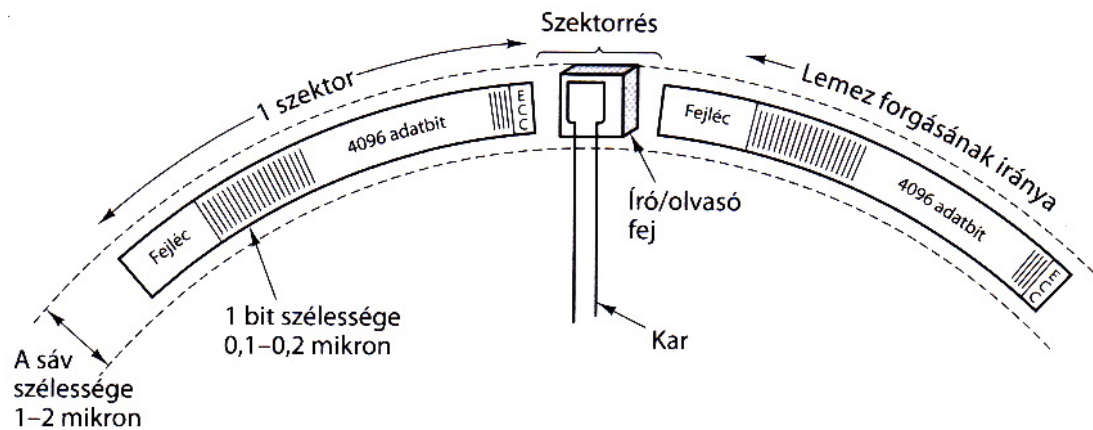
A két nagyobb méretű lemeznél levő hosszúkás rés a védőtokon az író/olvasó fej számára adott hozzáférést a lemezhez. A nagy lemezen ezzel szemben, az 5 ¼ inches változaton oldalt található még egy furat is. Amennyiben a lemezen levő furat is ide került,



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



49. Ábra: A floppy lemezek adattárolási felépítése



50. Ábra: A mágneslemezek egy szektorjának felépítése

forrás: Tannenbaum: Számítógép architektúrák

akkor az író/olvasó fej a sávok 0. (kezdő) szektorjának elejére mutatott. Ezzel tudta egy kis fotocella segítségével a lemezmeghajtó 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 (50. 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 szerelni ilyet, bár a legtöbb házon még megtalálható a hely, ahova ezeket be lehet szerelni.

Másik nagy hibája ennek a tárolási technológiának, hogy bármilyen elektromágneses mező képes megváltoztatni az adattároló réteg tartalmát. Ez ellen a *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)

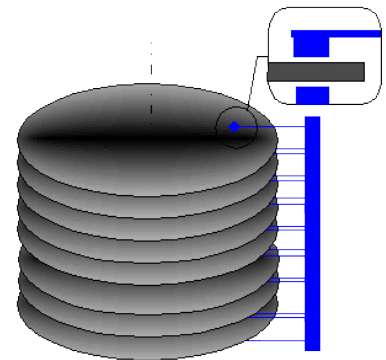
A floppy lemezek sérülékenységének fő oka, hogy azokat állandóan kivették majd újra betették az olvasásukra és írásukra szolgáló eszközökből. Minden ilyen alkalommal fennállt annak a veszélye, hogy az író/olvasó fej megsérti a lemez felületét.

Ezt a problémát küszöböli ki, ha a lemezeket és a használatukhoz használt eszközt egyetlen megbonthatatlan egységként kezeljük. Ekkor a hajlékony műanyaglemezt 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 fe-



51. Ábra: Egy modern merevlemez belseje. A sajátodat ne akard megnézni, hogy ilyen-e, mert azzal tönkreteszed!

jek 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, hanem több lemez található egymás alatt (52. 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 porszemes levegőt, tehát az eszközt tilos kinyitni. Erre utal a legtöbb ilyen eszközön levő angol nyelvű felirat: **az eszköz fedelének eltávolítása azonnal megszünteti a garanciát.**



52. Ábra: A merevlemez elvi felépítése

A lemezek egy tengelyen találhatók egyenletes távolságra egymástól. Minden lemez mindkét felületéhez tartozik egy-egy író/olvasó fej. A fejek mindig együtt mozognak, így egyszerre minden lemezen ugyanaz a sáv, azon belül ugyanaz a szektor érhető el.

Ezeket az egymás fölött, egy hengeren levő sávokat hívjuk *cilindernek* (*cylinder* angol hengert jelent). Régebben egyes operációs rendszerek a gyorsabb működés érdekében kihasználták, hogy az egy cilinderen levő adatok gyorsabban írhatók és olvashatók, hiszen ehhez nem kell a fejeket mozgatni. A merevlemezeknél egyébként a hajlékony lemezekkel ellentétben, ahol minden szektort a lemez azonos mértékű elfordulásával lehetett elérni, a sávok 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, 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 felületére. Ilyenkor ugyanúgy, mint ha a lemez és a fej közé beszorul egy porszem, a lemez felülete összeszakarcolódik, ami az ott található adatok teljes elvesztését okozza (53. ábra). Az ilyen lemez nem javítható, ki lehet dobni.



53. Ábra: A fej által felkarcolt lemezfelület

Persze időnként azért a merevlemezt tetszik vagy sem, le kell állítani. Ekkor az eszköz elektronikája a fejeket egy 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 fordulatszámom (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 beolvassva ellenőrzik a lemezek állapotát. Ha a merevlemezt takarékoságból mindig leállítjuk egy ideig tartó téltenség 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.⁸

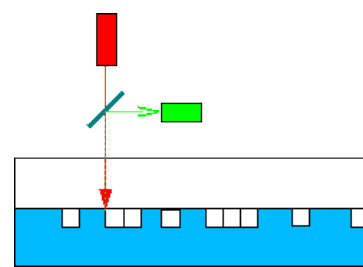
⁸ Személyes tapasztalat: az olyan sokat dicsért Macintosh operációs rendszere ilyen szempontból kifejezetten merevlemez-gyilkos, ugyanis időről időre az összes csatlakoztatott háttértárat végigkérdezi, ami ilyenkor az

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 merevlemeze és az állandóan használt adatoké – 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 vagy elsődleges háttértárként semmiképpen nem éri meg használni az optikai tárolókat. Azonban egységnyi 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 54. ábra a lemez olvasási módját mutatja. A lemez felületén függőleges falú *gödrök* (*pit*) vannak, a lemez felülete fényvisszaverő felületű. Az *olvasófej* egy lézertényforrásból (piros téglalap) fénysugarat indít a lemezfelület felé, majd a visszaverődő fényt egy *félig áteresztő tükör* eltéríti a *fotocella* felé. Amikor akár fentről, akár a gödör aljáról verődik vissza a lézertény, amelyet az ábrán piros vonal jelöl, a zöld színnel jelzett érzékelőbe jut a fény. Ez felel meg a 0 értéknek – nyilván bizonyos időpontokban figyelembe véve.



54. 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 akkora, mint a fény hullámhosszá-
nak negyede. Ennek eredményeként a két felületről visszaverődő fény közötti időkülönbség éppen a fény hullámhosszá-
nak felét kitevő késést fog eredményezni. Ennek eredményeként a két felületrész-
ről visszaverődött fénysugár között éppen egy teljes fázisnyi eltérés van, vagyis az *interferencia* mi-
att kioltják egymást. Az érzékelő a fény egy pillanatra történő kialvásaként érzékeli ezt. Ez adja az 1 értékű bitet.

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 felhasználá-
sa az oka, ahol egy másodperc alatt meghatározott adatmennyiséget kellett a lemeztől kiolvasni. Emiatt a lemez forgási sebessége folyamatosan csökken kifelé haladva. Ezt már az olvasásnál is, de az írásnál mindenképpen úgy oldották meg, hogy egy szinuszvonal fut a spirál mentén, amely figye-
lésével az olvasófej szabályozni tudja a forgási sebességet és azt is, hogy hol kell keresnie a követ-
kező adatot.

A fenti működési elvből következik, hogy keresni a lemezen elég nehéz egy merevlemezhez ké-
pest. 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 elejé-
nek megkeresése néha elég sok időt igényelhet ahhoz képes, amennyi ideig magának az állomány-
nak a beolvasása kerül.

7.5.1. Optikai lemez írása

A lemez írása is lézerténnel történik. Ekkor a cél az olvasásnál használt hatás kialakítása. Ezt úgy oldják meg, hogy a lemeznek a középső rétege – amelynek aljáról kellene a fénynek visszaverődnie a gödörnél, a tetejéről ha nincs gödör – erős, adott frekvenciájú fényel megvilágítva átalakul fény-visszaverőből fényáteresztővé. Így kialakulnak a gödrök. Az újraírható lemezek esetében ez egy speciális fényel visszafordítható – de csak véges sok alkalommal.

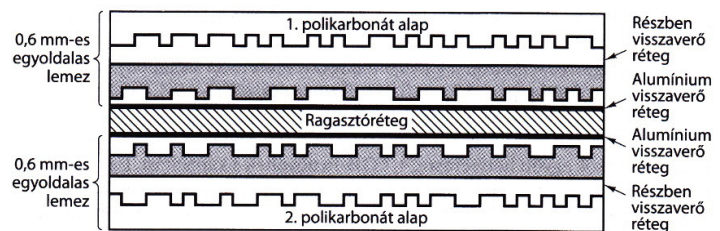
7.5.2. Az optikai lemezek fajtái

Az első optikai lemezekkel a kísérletek még az 1960-as évekre nyúlnak vissza. A holland Philips és a japán Sony cégek kísérletei vezettek végül a 80-as években eredményre. Az első ilyen lemezek, amelyek elterjedtek a zeneipar számára készültek a bakelit anyagú hanglemezek leváltására az addigi analóg és ezért gyenge hangminőség helyett digitális zene lejátszására. 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 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 audio lejátszási sebesség hányszorosával képesek beolvasni 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 52x sebességgel olvassa a CD-t, lehetséges hogy legfeljebb 8x sebességgel tud írni.

A Sony azután szerette volna növelni a CD kapacitását, hogy jó minőségben 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 hullámhosszát kicserélték egy kékhez közelebbire. Emiatt az adatok sokkal sűrűbben helyezhetők el. Emellett kitalálták, hogy két egymáshoz közeli hullámhosszt használva, két rétegen helyezik el az adatokat.

Ha pedig megfordítjuk a lemezt, még 132 perc további tartalom lehet elhelyezni.



55. Ábra: Egy kétoldalu, kétrétegű DVD felépítése

Egy ilyen két oldalas és két rétegű lemez felépítése látható a 55. ábrán. Az alsó réteg kapacitása egy kicsit kisebb a felsőnél, így a két réteg alkalmazása nem teljesen duplázza 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: kétrétegű, egyoldalas 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. Am egy HD minőségű film MPEG-4 kódolással elfér 3,5–4,5 GB méretű állományban, azaz egy DVD-n is elférne.

Az optikai lemezek negyedik generációját, az **Archival Disc** nevűt 2013. július 29-én⁹ jelentették be először és forgalomba várhatóan 2015. második negyedévét követően kerülhet. A tervek szerint a kapacitása akár egy terabyte is lehet. A célja a *4K felbontású filmek* tárolása lenne eredetileg.

9 Pont a születésnapomon...