

Ararat Arakelyan

Wydział Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego

Nośniki Danych

Dziesięć Przykazań, inaczej Dekalog to prawa, które Bóg dał starożytnemu narodowi izraelskiemu. Bóg wyrył je na dwóch kamiennych tablicach i dał je Mojżeszowi na górze Synaj. Kwas deoksyrybonukleinowy (DNA) znajduje się w każdej żywej komórce. Zawiera informacje o funkcjonowaniu i budowie organizmu. Szkice projektu broni jądrowej wykonane przez radzieckich szpiegów atomowych, biorących udział w Projekcie Manhattan, przekazane naukowcom zajmującym się radzieckim programem nuklearnym.

Dekalog, DNA, Projekt Manhattan, radziecki program nuklearny mają ze sobą więcej wspólnego, niż to się na pierwszy rzut oka wydaje. Słowa klucz to **dane** oraz **nośniki** – nośniki danych.

I tak, w Dekalogu, dane to sama treść Dziesięciu Przykazań. Nośnikiem zaś były kamienne tablice. DNA de facto pełni rolę nośnika informacji genetycznej organizmów żywych i wirusów. Zawiera dane i jest jednocześnie ich nośnikiem. Papier służył za nośnik danych, na których zapisane były raporty, dane (treść, informacje), na podstawie których radzieccy naukowcy opracowali bombę atomową RDS-1, będącą kopią amerykańskiej bomby 'Fat Man' – plutonową bombą atomową, zdetonowaną 9 sierpnia 1945 roku nad japońskim miastem Nagasaki. Zatem kamień, kartka papieru, DNA, są, mogą być nośnikami danych. Ze względu na typ zapisu i odczytu danych można je podzielić, ze względu na zapis mechaniczny, magnetyczny, optyczny, czy też w oparciu o np. pamięć półprzewodnikową...Sam temat nie jest zawężony stricte do świata cyfrowego, jednak pominię tradycyjne nośniki danych, m.in. te wymienione na wstępie, które, mam jednak nadzieję, pobudziły wyobraźnię i pozwoliły szerzej spojrzeć na spektrum danych i samych nośników, nie zawężając ich jedynie do informatyki, technologii, a budzącymi pierwsze skojarzenia z nośnikami danych (podejrzewam, że u większości z nas)...

Dane z angielskiego „data”, z łaciny „datum” oznaczają zbiory tekstów i liczb o różnych formatach. Wg prof. Adama Gadowskiego, dane można zdefiniować jako *wszystko, co jest/może być przetwarzane umysłowo lub komputerowo*. Zatem w tym kontekście dane są pojęciem względnym. Przyjmują postaci takie jak: znaki, mowa, wykresy, sygnały i istnieją

tylko w kontekście ich przetwarzania. Różne dane mogą dostarczać jedną i tą samą informację, ale zarazem te same dane mogą dostarczać różnych informacji. Dane są używane do obliczeń przez komputery. Mogą być przetwarzane i/lub prezentowane. Tematyczne zbiory informacji nazywane są bazami danych. Mogą być połączone poprzez np. Internet i posiadać systemy zabezpieczające przed dostępem nieupoważnionych, nieautoryzowanych osób, czy też botów. Dane mogą być przedstawiane i przechowywane w postaci zbiorów danych.

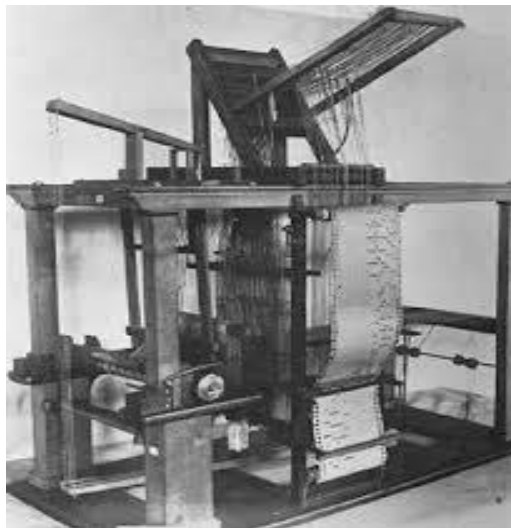
Spotykane w informatyce dane to np.:

- dane alfanumeryczne – zapisane za pomocą kombinacji cyfr od 0 do 9 oraz liter alfabetu;
- dane binarne – takie, w których jednostka może przyjmować jedynie dwa możliwe stany zgodne z binarnym systemem liczbowym oraz algebrą Bool'a, tj. 0 i 1;
- dane masowe, tzw. Big Data – duże, zmienne, różnorodne zbiory danych, których analiza oraz samo przetwarzanie jest trudne, w związku z jej rozmiarami, tj. w zależności od stopnia złożoności algorytmu, przyjmuje rozmiar terabajtów, czy też peta bajtów, np. w fizyce wysokich energii może dotyczyć analizy zderzeń cząstek elementarnych;
- dane statyczne – przypisana wartość liczbowa, tekstowa etc. nie może ulec zmianie podczas wykonywania programu. Nie może przyjmować wartości innych, niż te przypisane na samym początku, podczas inicjalizacji;
- dane tekstowe – z angielskiego *'string'*- typ danych służący do zapisywania ciągu znaków.

Jak zdefiniować **nośniki danych**? W języku angielskim, używa się zwrotów „*data storage media*” czy też „*data storage device*”. „*Storage*” tłumaczony jest na przechowanie, składowanie, magazynowanie, a nawet pamięć. Zatem nośnikiem danych nazwiemy przedmiot fizyczny, na którym zapisywana jest informacja, a raczej jest **możliwość jej zapisania oraz jej późniejsze odczytanie**. Nośnik danych jest, również definiowany jako medium dla danych, którego celem jest przechowywanie, przetwarzanie i transmisja danych. Nośnik danych może być odczytany na dowolnym urządzeniu, wyposażonym w odpowiedni slot/napęd. Ogólnie rzecz biorąc nośnikiem danych może być każdy przedmiot, na którym możliwe jest zapisanie jakichkolwiek informacji (patrz wstęp). Każdy nośnik cechuje się określoną gęstością zapisu, inaczej mówiąc, miarą ilości informacji zapisanej wyrażonej w liczbie bitów, którą można zapisać na określonej objętości nośnika, która wynika z jego

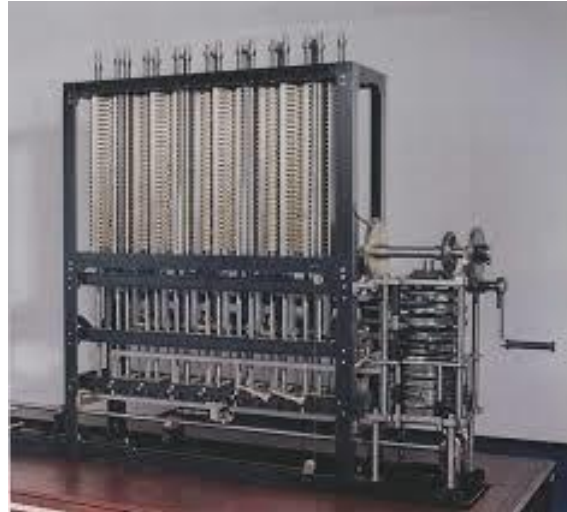
właściwości fizycznych. W praktyce, nośniki danych wykorzystywane są do zapisywania najrozmaitszych plików, danych, zbiorów, informacji itp. np. systemu operacyjnego komputera, filmów, zdjęć, plików MP3, informacji tekstowych etc...

Cofnijmy się w czasie do XVIII wieku. To właśnie w XVIII wieku zaczęto używać **kart perforowanych** (dziurkowanych). Były to mechaniczne nośniki danych stosowane do zapisywania informacji w maszynach z automatycznym przetwarzaniem danych. Używane były m.in. do programowania komputerów, jednak zanim znalazły zastosowanie właśnie w komputerach, karty perforowane wykorzystano po raz pierwszy w krosnach tkackich. Francja, rok 1725. Basile Bouchon, pracownik jednego z warsztatów tkackich w Lyonie opracował karty papierowe do krosna nicielnicowego. Pozwoliło to częściowo zautomatyzować proces pracy krosna.



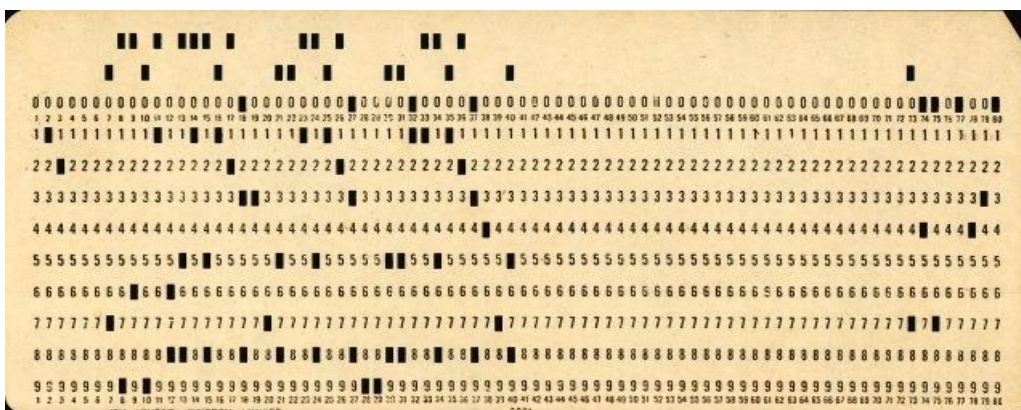
Automatyczne krosna projekt Basile Bouchon'a

Angielski matematyk, astronom i mechanik, Charles Babbage, nazywany „ojcem komputerów”, planował w celu sterowania maszyną i wprowadzaniem wartości liczbowych użycie kart perforowanych w swojej maszynie analitycznej z roku 1840. Karty miały być wykonane z blachy cynkowej. Jednak z powodu braków możliwości technologicznych w tamtych czasach, maszyny nie zbudowano w XIX wieku. Dopiero pod koniec lat 80. XX wieku zbudowano pierwszy egzemplarz. Urządzenie dokonywało obliczeń z dokładnością do 31 cyfr, znacznie przekraczając możliwości kieszonkowego kalkulatora.



Maszyna Babbage'a

W 1887 r. Herman Hollerith, amerykański inżynier i jeden z protoplastów IBM, uznawany za 'ojca obliczeń zautomatyzowanych', zaprojektował własną kartę perforowaną, wykorzystaną podczas spisu ludności w USA w 1890 r. Informacje kodowano przez wycinanie otworów w poszczególnych miejscach, gdy odpowiedź na pytania była twierdząca. Informacja na nośniku papierowym w najprostszym wypadku zawiera pojedyncze otwory w określonym miejscu nośnika bądź jest reprezentowana przez brak pojedynczego otworu. Metoda ta dawała możliwość reprezentowania pojedynczego bitu informacji. Analogicznie, zastosowanie wielu otworów dawało znacznie więcej możliwości w porównaniu z pojedynczym bitem informacji.



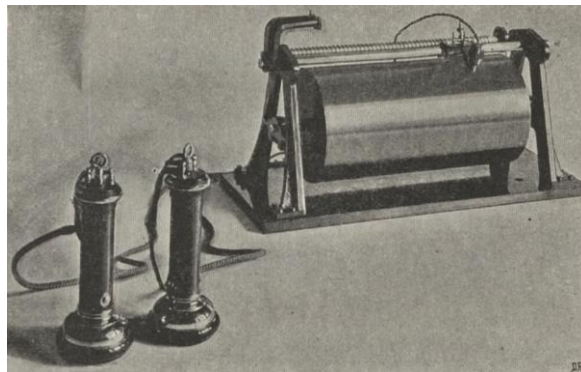
12 rzędowa/80 kolumnowa karta perforowana IBM. Połowa XX w.

Z biegiem czasu karty perforowane stały się nośnikami danych stosowanych masowo. Znalazły, chociażby zastosowanie na kolei i w towarzystwach ubezpieczeniowych. Np. w latach 30. XX wieku czeskie przedsiębiorstwo kolejowe zużywało 50 mln kart rocznie.

Pierwsze karty pozwalały na zapisywanie odpowiedzi typu „TAK/NIE” lub „1 z wielu”. Z czasem wprowadzano karty zdolne do wyrażania, również liczb, a nawet liczb i tekstów.

Na jednej karcie (osiemdziesięciu kolumnowej – te były najpopularniejsze) kodowano do osiemdziesięciu znaków (odpowiadającym dzisiejszym osiemdziesięciu bajtom), a każde osiemdziesiąt bajtów były grube na 0,18 milimetra. Moglibyśmy, więc wyliczyć, że zakodowanie osiemdziesięciu gigabajtów dysku twardego, równałoby się stercie kart o wysokości ok. 180 km.

Taśmy magnetyczne. Rok 1888. Amerykański inżynier, Oberline Smith opracował jedno z pierwszych dzieł dotyczących magnetycznego rejestrowania dźwięku. Wzorzec projektowy nie powstał. Niemniej w teorii, informacje dźwiękowe miały być zapisywane na bawełnianej nici z nałożonymi, stalowymi opiłkami. Dopiero 9 lat później, w roku 1898, duński inżynier Valdemar Poulsen wynalazł prototyp magnetofonu, telegrafon - urządzenie do rejestrowania, zapisu mowy. W zasadzie, urządzenie to było w stanie rejestrować fale dźwiękowe. Prąd elektryczny z mikrofonu, modulowany akustycznie, przepływał przez elektromagnes, który z kolei, magnesował przesuwający się drut stalowy (o średnicy ok. 1mm – zwykle była to struna fortepianowa). Drut nawijał się na obracający cylinder. W roku 1900. nagrano głos cesarza Franciszka Józefa. Jest to najstarszy, zapisany magnetycznie głos.



Telegrafon – prekursor współczesnego magnetofonu

W roku 1927. austriacki inżynier Fritz Pflumer zastąpił stalową taśmę, bardzo cienkim papierem, którą posypał proszkiem z tlenkiem żelaza (jako ferromagnetykiem), natomiast jako kleju, użył lakier. Efekt? Powstanie taśmy magnetofonowej. Nośnik dźwięku był dobrze namagnesowany i rozmagnesowany. Głowa elektromagnetyczna podczas zapisu, za pomocą silnego pola ustawia tzw. domeny magnetyczne (namagnesowuje taśmę). Podczas odczytu zaś wychwytuje zmiany pola magnetycznego spowodowane namagnesowaniem

taśmy. Rok później, w 1928 r. wynalazek opatentowano. Od 1934 r. niemiecka firma BASF, zaczęła seryjną produkcję taśm magnetycznych. W Niemczech, w roku 1931. przystąpiono do pracy nad magnetofonem rejestrującym dźwięk. Taśma magnetyczna produkcji BASF z roku 1945 pozwalała na zapisanie 20 minut dźwięku. Taśma ta była szeroka na 6,5mm i miała długość jednego kilometra.

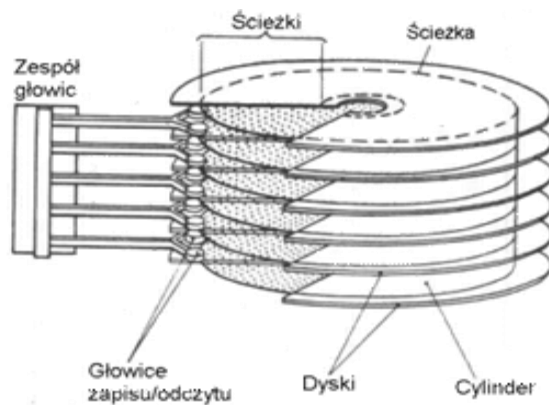
Firma IBM po raz pierwszy zastosowała magnetyczną pamięć taśmową do zapisu danych. Zastosowano ją w 1952 r. urządzeniu 'IBM 726', będącym jednym z podzespołów komputera 'IBM 701' znanym jako 'Defense Calculator'. Taśmy magnetyczne zapewniały szybką metodę wprowadzania i rejestrowania większej ilości danych, niż było to możliwe przy wykorzystaniu lampy katodowej. Taśma mogła zapisywać i odczytywać dane z prędkością 12,5 tys. cyfr/s i miała pojemność przekraczającą 2 mln cyfr na taśmę. Model 'IBM 726' mógł jednocześnie obsługiwać 2 taśmy magnetyczne, przy czym w systemie komputera 'IBM 701' były 2 jednostki 'IBM 726'.



'IBM 726'

Magnetyczny **dysk twardy**, inaczej dysk HDD (z ang. *hard disc drive*- napęd dysku twardego). W 1956 r. IBM wydało urządzenie 'IBM 350 RAMAC Disk File', składające się z 50. dwustronnych dysków magnetycznych. Był to pierwszy komercyjny komputer z wykorzystaniem dysku twardego jako pamięcią zewnętrzną. Dyski miały średnice 61 cm i pojemność 4,5 MB. Zamontowane były na stałe. 6 lat później wydano komputer z wymiennymi pakietami dysków o łącznej pojemności 2 mln znaków. Pierwsze dyski do komputerów osobistych były urządzeniami umieszczanymi w oddzielnych obudowach. Zawierały dysk, kartę sterownika oraz zasilacz. Jednym z pierwszych modeli był 'Segate ST-

506', wprowadzony na rynek w roku 1980. Dysk miał pojemność 5 MB i kosztował 1500,00 USD. Magnetyczny dysk twardy składa się z kilku sztywnych aluminiowych, szklanych lub ceramicznych talerzy/krażków. Talerze pokryte były warstwą tlenku żelaza metodą galwaniczną lub metodą rozpylania katodowego. Dysk posiada 2 głowice dla każdego talerza, a wszystkie głowice poruszają się jednocześnie, będąc połączone jednym mechanizmem. Informacje zapisywane są na ścieżkach tworzących cylinder. Do zapisu i odczytu wykorzystuje się cienkowarstwowe głowice indukcyjne bądź głowice magneto-rezystywne. Talerze obracają się ze stałą prędkością 3600-7200 obrotów/min.



Szkic magnetycznego dysku twardego

Wymienne dyski magnetyczne. Pierwsze dyskietki wprowadzone na rynek przez IBM w 1971 r. miały średnicę 8" i miały pojemność 80 kB. Pięć lat później, w 1976 r. produkowano dyskietki o średnicy 5,25" o pojemności 220 kB. W kopercie 5,25 calowego nośnika, wycięte są cztery otwory – wycięcie umieszczone na skraju włącza blokadę zapisu, mały otwór z boku wyznacza początek zapisu, podłużny służy do odczytu danych, natomiast centralny odpowiada za napędzanie dysku. Popularność, jednak zdobyły dyskietki mniejsze, o wymiarach 3,5". Pierwsze opracowała firma Sony w 1981 r. Z początku miały pojemność do 440 kB. Dyskietki były zabezpieczone przed (przypadkowym) skasowaniem danych i posiadały plastikową obudowę. Były prostym, tanim, praktycznym nośnikiem danych i w ciągu kilku lat stały się najpopularniejszym na świecie mobilnym nośnikiem danych. Szczyt popularności przypadał na rok 2001-2002, kiedy to Sony, tylko na japońskim rynku, sprzedał 47 mln dyskietek.



3,5 calowa dyskietka Sony

Kilka słów o samym zapisie danych z punktu widzenia mechaniki kwantowej. Elektrony, spiny. Spiny w elektronach wskazujące jeden z dwóch kierunków, „tworzą” pole magnetyczne. Przeważnie elektrony w atomach występują w parach mając przeciwne spiny, co powoduje, że pole magnetyczne niweluje się. Jednak kiedy elektron jest niesparowany, wtedy pole magnetyczne nie niweluje się, nie jest zerowe. Te same (identyczne) spiny niesparowanych elektronów sumują się wykazując właściwości magnetyczne. Na warstwie magnetycznej nośnika zapisywane są dane (informacje), poprzez przemagnesowanie pola, pół magnetycznych warstwy nośnika danych...

Metody kodowania informacji magnetycznych:

- powrotu do zera – prąd w głowicy (odczytującej zapisaną informację) przy zapisie logicznym 1, zmienia kierunek na dodatni, a odwrotnie w przypadku zapisu logicznego 0, tj. na ujemny. Odczytując namagnesowany obszar bit informacji jest indukowana para impulsów umożliwiającą ustalenie, określenie wartości bitu/bitów. Pojawiający się impuls dodatni, a zaraz po nim ujemny jest określany jako 1, natomiast impulsy pojawiające się w odwrotnej kolejności są interpretowane jako 0;
- powrotu do polaryzacji – nośnik nie zapisuje zerowych bitów informacji. Stosuje, natomiast dla bitów o wartości 1 dodatnią polaryzację. Bit/bity 0 nie wymazują informacji. To głowica kasująca usuwa dane przed głowicą zapisu;
- powrotu bez powrotu do zera – stosowana w (magnetycznych) pamięciach taśmowych. Przez uzwojenie (wytworzenie strumienia magnetycznego) głowicy płynie prąd. W momencie zmiany wartości kolejnych bitów danych, następuje zmiana kierunku przepływu prądu. Dodatnia polaryzacja równa się bitom informacji o wartości 1, natomiast polaryzacja ujemna odpowiada bitom informacji o wartości 0.

Nośniki danych w oparciu o **pamięć optyczną**. W 1980 r. współpracujące ze sobą w celu wydania nowego produktu, koncerny Sony i Philips opracowały **płyte kompaktową CD** (*Compact Disc*). Płyta CD ma średnicę 12 (bądź też 8 cm) i około 1 mm grubości i może przechowywać do 680 MB danych. Dyskiem jest krążek/talerz z czystego poliwęglanu, bardzo cienkiej warstwy metalu i ochronnej powłoki laserowej. Analogicznie jak w przypadku dysków i dyskietek to z warstwy metalicznej napęd **CD-ROM** (*Compact Disc-Read Only Memory*) odczytuje informację. Napęd dysków zawiera moduł elektroniczny odpowiadający za komunikację z komputerem, sterowanie, korekty błędów. Poza tym zawiera mechanizm laserowy, przycisk wsuwający dysk oraz nie zawsze: gniazdo słuchawkowe, zasilacz sieciowy, wentylator chłodzący. We wnętrzu napędu jest procesor, głowica optyczna oraz tarcza obracająca dysk ze zmienną prędkością – uwarunkowaną od położenia głowicy optycznej. Niezależnie jednak od położenia głowicy stała prędkość liniowa (z ang. CLV – *constant linear velocity*) wynosi 1,3 m ścieżki/s. Głowica optyczna składa się z czujnika optycznego, diody laserowej i soczewki. Głowica wysyła promień światła laserowego (fale krótkie, zazwyczaj podczerwień) w kierunku dysku. Światło odbija się od powierzchni dysku i koncentruje się w soczewce, która znajduje się pod dyskiem, następnie odbija się od lustra i wędruje w stronę pryzmatu. Pryzmat odbija wiązkę lasera do następnej soczewki. Ostatnia soczewka odbija wiązkę lasera do fotodetektora. Fotodetektor przetwarza światło w impulsy elektryczne, które są rozkodowywane przez mikroprocesor i przesyłane w formie danych do komputera.



Płyta CD

Płyta kompaktowa CD-R (*Compact Disc Record Able*) jest płytą WORM (*Wrote Once Read Many*) – z możliwością jednokrotnego zapisu, a wielokrotnego odczytu. Ma pojemność od 50 MB do 870 MB, jednak najpopularniejszą wersją jest ta o pojemności 700

MB i 200 MB. W odróżnieniu od płyty CD, CD-R nie zawiera warstwy aluminium, a warstwę barwnika cyjanowego bądź trwalszego, ftalocyjaninowego, która z kolei jest pokryta kolejną warstwą srebra, stopu srebra bądź złota. Zmienia to właściwości optyczne pod wpływem silnej wiązki lasera. Wiązka lasera (w momencie zapisu danych) ogrzewa warstwę złotą, wraz z barwnikiem znajdującym się pod nim. Po wypaleniu powierzchnia ta rozprasza światło. Zatem w miejscu zapisu danych, rozpraszająca światło znajduje się plamka będąca wynikiem reakcji chemicznej.

Płyta kompaktowa CD-RW (*Compact Disc - ReWritable*) – jak nazwa z j. angielskiego wskazuje, ma możliwość wielokrotnego nagrywania, ok. tysiąc razy. Zapis na płycie CD-RW jest tzw. zmiennofazowym, co oznacza, że jest odwracalny, zatem płytę można „wyczyścić”.

DVD (*Digital Video Disc lub Digital Versatile Disc*). Wyprodukowany przez Philips-Sony i Toshiba w 1994 r. Ma te same wymiary, co płyta CD (12 i 8 cm), jednak większa pojemność wynika ze zwiększonej gęstości zapisu. Ścieżki w płytach DVD są ułożone z ok. 2 większą gęstością niż te na dyskach CD. Co więcej powierzchnia zajmowana przez jednostkę informacji jest dwukrotnie mniejsze. W praktyce oznacza to 7x większą pojemność danych. Analogicznie jak w płytach kompaktowych, wykorzystywany jest mechanizm laserowy, jednak używane jest światła o krótszej fali w porównaniu z płytami CD-ROM. Odczytuje to mniejsze pakiety danych ze ścieżki. DVD jest o połowę cieńszy niż CD, co pozwala na złączenie dwóch warstw, a co za tym idzie na powstanie dwustronnego, dwuwarstwowego dysku o grubości tej samej co CD. Pojemność takiej płyty wynosi 17 GB. Natomiast jednostronnej i jednowarstwowej ok. 4,7 GB, będącej wciąż, znacznie pojemniejszej niż płyty CD.

Płyta **Blue-Ray** jest następcą formatu DVD, w którym dzięki użyciu, potocznie mówiąc, niebieskiego lasera (które w praktyce jest światłem fioletowym o długości fali 405 nm, gdzie niebieskie światło rzeczywiście ma długość 460 nm), różni się znacznie większą pojemnością. Do wykonania półprzewodnikowego niebieskiego lasera niezbędny jest azotek galu (GaN), przy czym do wykonania czerwonego lasera wykorzystywany jest arsenek galu (GaAs). Wytworzenie monokryształów GaN powstaje pod wpływem niezwykle wysokiego ciśnienia i temperatury i jest to proces trudniejszy i bardziej skomplikowany, niż GaAs. Jednak płytki wykonane z GaN znajdują idealne zastosowanie, ponieważ atomy układają się na niej z dużą precyzją tworząc studnie kwantowe o grubości do kilkudziesięciu warstw atomowych – jest to aktywna część lasera, która generuje światło. Jednowarstwowy nośnik ma pojemność 25 GB, dwuwarstwowy już 50 GB. Istnieją, również trzy- i czterowarstwowe.



Płyty DVD

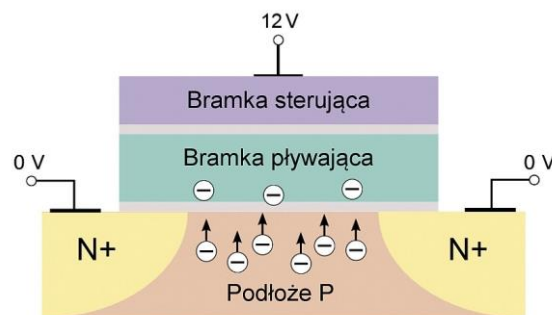
Kilka słów o pamięci optycznej. Dane są przechowywane w formie pitów (tzw. rowki), bądź miejsc bez pitów – tj. miejsc płaskich. Szerokość i głębokość pitów nie ulega zmianie, ale długość już może. Pit ma szerokość 1 mikrometra. Jeden Dysk CD-ROM zawiera w około 2,8 mld pitów. Informacje są odczytywane poprzez odbijanie światła lasera od aluminiowej powierzchni. Światło może być też pochłaniane bądź rozpraszane. Jest to spowodowane obecnością miejsc płaskich (rowków). Na logikę, odbicie światła oznacza brak rowków w danym miejscu. Czujnik światła zbiera informacji, w którym miejscu światło zostało odbite, a w którym rozproszone czy pochłonięta. Dane z czujnika są przekazywane do mikroprocesora, zmieniającego je na dane. Ścieżki w płycie, albo kto woli płyty, są ułożone spiralnie od wewnętrznej osi dysku w kierunku zewnętrznej krawędzi. Ścieżki są podzielone na jednakowej wielkości i gęstości zapisu sektory. Płyta CD odbija tęczę (pełne spektrum światła), wynikające z rozszczepienia światła spowodowane przecinaniem się ścieżek. Rozproszone promienie światła rozdzielają światło na białe fale o różnych długościach. (Ścieżki na płycie kompaktowej mają długość ok. 5 km – ok. 6300 ścieżek na 1 cm).

W kontekście nośników optycznych, możemy przyjąć, że średnice plamki laserowej wyznaczają granice możliwości technologicznych i są one raczej już osiągnięte. Jednak ich dalszy rozwój jest możliwy, poprzez np. zwiększanie liczby warstw w nośnikach optycznych czy też zastosowaniu technologii holograficznych. W technologiach holograficznych lasery zapisują na kryształach elektroniczne wzorce jako strony. Na jednej stronie może się znaleźć miliony bitów, a na nośnik wielkości zaledwie dwudziestu kilku mm może zawierać tysiące takich stron. Daje to minimum miliardy, najczęściej tryliony bitów, która równają się terabajtom pamięci...poza pojemnością hologramy są znacznie odporniejsze na wady, defekty niż magnetyczne, optyczne czy cyfrowe nośniki danych. Dane są zapisywane przy użyciu zielonego lasera, natomiast odczytywane przy pomocy lasera czerwonego.

Półprzewodnikowe nośniki danych. Są oparte na cyfrowych układach scalonych, przechowujących dane w postaci binarnej, np. pamięć RAM, układy ROM czy dyski SSD,

będące typem pamięci stosowanym w komputerach PC. Kiedy mowa o układach scalonych to warto wspomnieć o **Prawie Moor'a**. W zasadzie nie jest ono prawem, a prawidłowością, które głosi, że liczba elementów w układach scalonych będzie zwiększać się w kolejnych latach wykładniczo – podwajając co 18 miesięcy (Czas ten korygowano do 24 miesięcy). Termin ten w rzeczywistości odnosi się w do, wyraźnie widocznego postępu technologicznego.

Karty pamięci należą do półprzewodnikowych nośników danych z tzw. pamięcią 'Flash', która po odłączeniu zasilania zachowuje swoją zawartość, jest więc tzw. pamięcią nieulotną. To rodzaj pamięci zewnętrznej (ROM, a właściwie EEPROM – z ang. *electrically erasable programmable read-only memory*), wielokrotnego zapisu. (Sama nazwa wzięła się ze zdolności tranzystorów do usuwania danych w mgnieniu oka, przypominając 'flash' – lampę błyskową aparatu). W pamięci Flash w porównaniu np. z dyskami HDD, czy nośnikami optycznymi, nie ma elementów ruchomych, jak np. obracające się talerzy. Znajdują się w niej 2 tranzystory – bramka sterująca (*control gate*) i tzw. bramka pływająca (*floating gate*). Zatrzymane przez bramkę pływającą elektrony po odłączeniu zasilania oddziałują na pole elektryczne bramki sterującej. Poprzez zmierzenie napięcia progowego bramki jesteśmy w stanie odróżnić naładowaną od nienaładowanej komórki pamięci. Poprzez napięcie kasujące, elektrony z bramki pływającej można skasować. Pamięć Flash jest odporna na działanie ultrafioletu, oddziaływania pola magnetycznego, czy wysokiej temperatury.



Schemat działania komórki pamięci Flash

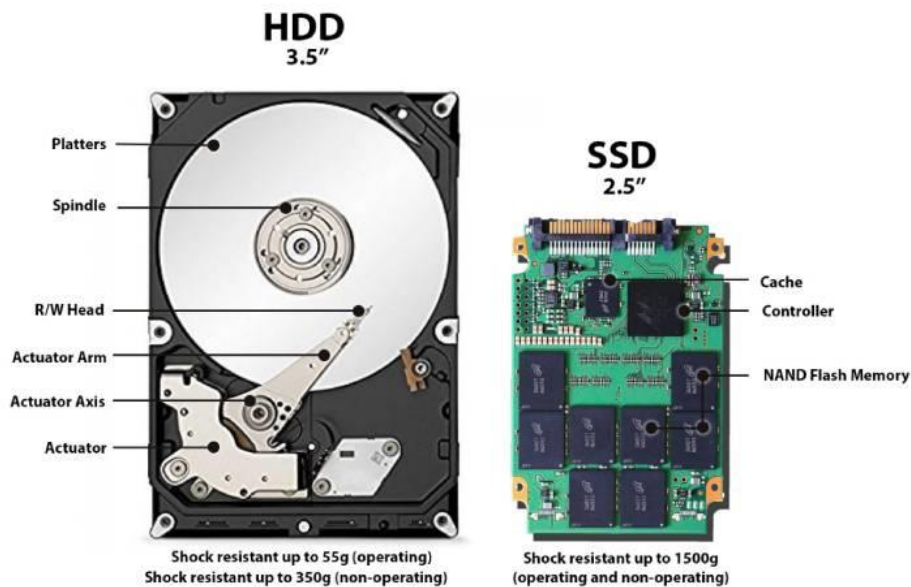
W 2000 r. Panasonic, SanDisk i Toshiba opracowały karty (z pamięcią Flash) **SD** (*Secure Digital*). Cechy karty to m. in. niewielkie wymiary (24x 32x 2,1 mm oraz masa ok. 2g). Karty SD mają pojemność od 8 MB do 2 TB. Od pojemności 4 GB do 32 GB to inaczej **SDHC** (*Secure Digital High Capacity*), te od 64 GB do 2 TB jako **SDXC** (*Secure Digital eXtended Capacity*). Karty o parametrach SD, jednak o wymiarach (21,5x 20x 1,4 mm) to karty **miniSD**, natomiast jeszcze mniejsze o wymiarach (11x 15x 1 mm) to **microSD**. Karty

pamięci SD są powszechne w telefonach komórkowych, cyfrowych aparatach fotograficznych czy np. odbiornikach GPS.



Karty pamięci SD, SDHC, SDXC

Napęd SSD, dysk SSD (z ang. *solid-state drive*, nawiązujący to fizyki ciała stałego). Jest, również nośnikiem opartym o pamięć Flash, zawierającym w urządzeniu tranzystor. Dyski twarde z obracającymi się talerzami magnetycznymi są znacznie wolniejsze, co wynika to z ich budowy. Głowica zapisująca (oraz odczytująca) musi znaleźć odpowiednie miejsce na ścieżce (tworzących cylinder), co spowalnia pracę dysku. W przeciwieństwie do SSD jest nieruchomym dyskiem. Pamięć Flash, elektronika działa błyskawicznie włączając właściwą komórkę/komórki pamięci. Do zalet SSD należy wysoka odporność na uszkodzenia mechaniczne, niski pobór energii, bezgłośna praca i relatywnie niewielkie wymiary, a najszybsze dyski SSD są 3-4x szybsze, niż tradycyjne (magnetyczne) dyski twarde. W związku z tym, są one mocowane w laptopach, notebookach.



Tradycyjny dysk twardy (HDD) oraz dysk SSD

HDD - Platters (dyski), Spindle (wrzeciono, oś, napęd), R/W Head (głowica), Actuator Arm (ramię głowicy), Actuator Axis (siłownik), Actuator (układ pozycjonowania głowicy).

SSD – Cache (pamięć podręczna), Controller (kontroler), NAND Flash Memory (Pamięć Flash).

Pamięć USB (z ang. *flash drive, flash memory stick, pendrive* etc.) - nośnik danych zawierający pamięć typu Flash. USB (z ang. *Universal Serial Bus* – uniwersalna magistrala szeregową). Łączący się z komputerem PC przez port USB. W latach 70. XX w. dr Fuijo Masuoka pracujący w Toshiba (obecnie prof. na Uniwersytecie Tohoku w Japonii) rozpoczął pracę nad pamięcią Flash. W 1980 r. zaprezentował pierwsze 2 pamięci typu Flash. Jednak z początku wynalazek był traktowany jako zwykła nowinka, ciekawostka. W roku 1998 r. firma INTEL zaczęła produkcję na skalę przemysłową, dysków opartych na pamięci Flash i podłączanych do komputera przez USB. W 1999 r. japońska Toshiba, również zaczęła produkcję tych nośników. W ślad za firmą INTEL oraz Toshiba, Samsung rozwijał mające duży potencjał, nośniki, oparte o pamięć typu Flash. 15 grudnia 2000 r. IBM i Trek Technology wprowadziły na rynek pierwsze pendrive o pojemności podobnych do dyskietek, tj. 8 MB. Prędkość wymiany plików jest zależna od wersji USB, tj. 1.1. 2.0. a od 2009 r. 3.0. i zastosowanej pamięci Flash w nośniku. Najpowszechniejsze pojemności w pamięci USB to 8 GB, 16 GB, 32 GB, 64 GB, rzadziej też 256 GB, 512 GB, 1 TB. Dużą zaletą pendrive'ów jest ich wytrzymałość na uszkodzenia mechaniczne i wstrząsy, a najnowsze wersje są często wodo- i ognioodporne.



Pendrive Toshiba – pojemność 16 GB, 32 GB, 64 GB

Pytanie, czy ważniejsze są dane czy same nośniki? Przypuszczam, że Albert Einstein nie odpowiedziałby $E=mc^2$. Zapewne skomentowałby, że to zależy, że to pojęcie względne... Erwin Schrödinger, mógłby skwitować, że dopóki nie odczytamy danych to dane są ważniejsze od nośników, przy czym jednocześnie nośniki są ważniejsze od danych...