Mr Nenad Parčina,
major, dipl. inž.
Dušan Dobrila,
dipl. inž.

Tehnologije za masovno spremanje podataka

Uvod

Upotreba računara u svakodnevnom životu i radu donosi potrebu za zapisivanjem velikog broja najrazličitijih podataka uz istovremenu potrebu za njihovom upotrebom u što kraćem vremenu. Ova dva, u prvi mah oprečna zahteva, dovela su do razvoja više različitih tehnologija koje im pokušavaju odgovoriti na zadovoljavajući način.

Posmatra li se upotreba računara u JNA, uočava se da je već sada gotovo nezamislivo da se tehnička materijalna sredstva, a naročito vazduhoplovna, razvijaju i održavaju bez računara. TOB i VTOB, uz primenu računara, razrešavaju složene situacije u svojim kompleksnim vidovima organizacije, a RiK bez trenutnog pristupa ogromnim količinama podataka u procesu odlučivanja više ne može brzo i pravilno reagovati na novonastale situacije.

Ovaj članak obrađuje najnovije svetske trendove tehnologija za masivno spremanje podataka — stvaranje baza podataka koje su već danas potreba, a bez kojih se sutra ne može ni zamisliti.

Uvodna razmatranja o tehnologijama spremanja podataka

Masivno spremanje podataka je tema vrućih rasprava u računarskim kru-

govima. Da li će optički medijumi zameniti magnetske? Mnogi ljudi misle da hoće i da je to samo pitanje vremena. Danas su magnetski medijumi još uvek daleko od nestanka i prevazilaze optičke po nekim svojim karakteristikama. Možda će magnetski medijumi u potpunosti izdržati izazov koji su doneli optički, ali će najverovatnije oba medija biti spojena i dati neku hibridnu formu.

Sukob između klasičnih magnetskih i optičkih medija uključuje brzinu, cenu, prenos podataka, i količinu podataka koja se sprema. Glavna razlika između ta dva pristupa je, osim tehnologije, i način na koji se omogućava manipulacija podacima. Hibrid ove dve tehnologije mogao bi kombinovati dobre osobine obe tehnologije i tako dati optimalno rešenje.

Najrasprostranjeniji oblik magnetske tehnologije je disk, bilo meki (floppy) ili tvrdi (hard). Ako tehnologija magnetskih diskova opstane, ona će morati da poboljša brzinu, kapacitet, gustinu i druge karakteristike.

Posle diskova, najrasprostranjeniji magnetski medijum je traka. Ne mora se razmišljati o trakama kada se radi sa mikroračunarima, ali kod složenih i velikih računarskih sistema traka postaje neophodna za pravljenje kopija glav-

nih diskova (backup). Pošto pravljenje kopija sa diska na disk nije praktično traka predstavlja dobru alternativu i otvara prostor za razvoj digitalnog zapisivanja na audio traku [8].

Jedna nova optička tehnologija spremanja podataka, koja se nedavno razvila, naziva se »fazna promena« (phase change). Ovaj način spremanja podataka kombinuje kapacitet magnet-sko-optičkog spremanja podataka sa brzinom rada većom od one kod klasičnog optičkog spremanja. Ova tehnologija može premostiti jaz između optičkog i magnetskog spremanja podataka [6].

Postoji i jedna nova ideja o spremanju podataka u kristale pomoću svetlosti. To je holografsko spremanje podataka, tehnologija čiji kapacitet prevazilazi čak i kapacitet kod optičkih diskova, ali daje daleko brži pristup podacima [2], [4].

Nedavno se pojavila još jedna nova tehnologija masovnog spremanja podataka, tehnologija koja ima oblik kompaktne »disk« tehnologije. Integrirana kola trenutno memorije (flash memory), upakovane u uređaj veličine kreditne kartice ulaze na scenu mikrokompjuteru [7].

Diskete i diskovi

Ukoliko se vaši podaci nalaze u datotekama, tada vam svakako treba tvrdi disk. Prednosti tvrdog diska ogledaju se u njegovoj brzini, ceni i univerzalnosti. Na sadašnjem tržištu niti jedan optički disk po svojim karakteristikama nije ni blizu tvrdog magnetskog diska.

Tvrdi disk sprema podatke pomoću magnetizovanih područja na površini diska. »On« i »off« bitovi predstavljeni su područjima magnetisanim u suprot-

nim pravcima. Glava za upis i čitanje je, u stvari, elektromagnet koji upisuje bit tako što magnetiše područje uz odgovarajuću orijentaciju. Glava određuje da li područje predstavlja 0 ili 1 pomoću struje koja se indukuje u glavi prilikom prelaska preko magnetisanog područja. Tvrdi diskovi spremaju bitove po koncentričnim krugovima na disku koji se okreću brzinom od 3600 obrtaja u minuti. Da bi se povećao kapacitet tvrdog diska, mora se povećati broj tragova po centimetru površine diska, a da bi se poboljšale karakteristike diska, mora se povećati broj bitova po tragu, što će omogućiti da više bitova prođe ispod glave u jedinici vremena. Sabijanje više tragova na istu površinu i više bitova u jedan trag zahteva kvalitetniji medij za zapis i visoke performanse glave za upis i čitanje.

Do pre nekoliko godina površina za zapisivanje na tvrdim diskovima bila je napravljena od železnog oksida (Fe_2O_3) u kristalnoj strukturi. Koristile su se feritne glave i to je davalo relativno dobre karakteristike. Problem sa železnim oksidom je u tome što on ne omogućuje gusto zapisivanje, odnosno ako se bitovi smeštaju jedan do drugog, mora se obezbediti da se bitovi međusobno ne magnetišu. Diskovima od Fe_2O_3 mogu se poboljšati osobine ukoliko se njihova površina presvuče sa kobaltom, i tada se dobije gustina zapisa dva puta veća od standardne, ali još uvek daleko od gustine kod optičkog zapisivanja. Danas je većina diskova presvučena slojem čistog magnetnog materijala koji omogućava veću gustinu zapisa i smanjuje odnos signal — šum. Ovi magnetski materijali najčešće su legure kobalta i nikla, ne sadrže nemagnetne okside koji smanjuju magnetizaciju, što rezultira popravljenim odnosom signal — šum. Signal koji se indukuje u glavi direktno je proporcionalan magnetizaciji, što je izuzetno važno pri gustom zapisu.

Druga prednost kobalta je u tome što je jako anizotropan, tako da reagu-

je mnogo jače na magnetsko polje duž određene ose, a to znači da pravilno postavljani bitovi dobro reaguju na glavu za upis i čitanje, a slabo na magnetizaciju od susednih bitova. Loša strana kobalta je u tome što je podložan koroziji, pa se zato mora presvlačiti zaštitnim slojem.

U stvari, medijumi na kojima se drže podaci nisu limitirajući za kapacitet diskova, već je to glava za upis i čitanje. Da bi čitala bitove koji su gusto pakovani, glava mora biti malih dimenzija i istovremeno veoma osetljiva. Pre

otpori na sklopu, a glava čita podatke detektujući prolaz struje kroz sklop. Treba reći da ovakav sklop nije još na tržištu, ali se sa sigurnošću može kazati da ima budućnost.

Što se tiče mekih diskova ili, popularnije, diskeća, japanska firma Toshiba razvila je tehnologiju perpendikularnog zapisivanja na mediju barijum-feritu. Za razliku od klasičnog zapisivanja, gde se magnetizacija vrši horizontalno ili paralelno na površinu diskeće, ovde se barijum-ferit magnetiše vertikalno (sl. 1).

Sl. 1 Razlike u tehnici zapisivanja kod klasičnog i barijum-feritnog medija

par godina IBM je demonstrirao neinduktivnu magnetsku glavu sposobnu da čita bitove gustine od 1,8 miliona bitova po kvadratnom milimetru, što je gotovo tri puta više nego kod magnetno-optičkih diskova. Demonstrirani disk koristio je nemagnetsku glavu za čitanje gusto zapisanih bitova. Ova glava koristi tanki sloj koji je zapravo, osnovni magnetski element pričvršćen između dva provodnika. Ovaj sklop je, u stvari, promenljivi otpornik kome se otpornost menja u funkciji ugla magnetizacije, a ugao magnetizacije se menja prolaskom ovog sklopa iznad namagnetisanog sloja. Zbog toga što različito polarisani bitovi proizvode različite uglove magnetizacije, stvaraju se različiti

Gustina pakovanja povećala se zbog toga što su magnetski elementi smešteni jedan blizu drugog, mnogo bliže nego što je to normalno moguće. To je rezultiralo povećanjem gustine sa 17434 bita po inču na 34768 bita po inču.

Kako su delovi barijum-ferita magnetisani vertikalno, postoji oštar magnetski prelaz između delova, čak i na velikim gustinama (sl. 2-a), što nije slučaj kod klasičnog zapisivanja (sl. 2-b).

Delovi barijum-ferita su ravne pločice i omogućavaju relativno ravnu površinu za podatke, što se vidi na slici 3-a. Delovi medija kod konvencionalnog diska pokazuju različitu magnetizaciju

Sl. 2 Poređenje metoda vertikalnog i horizontalnog magnetnog zapisa

oblik karakteristika i fluktuaciju čitanog signala (sl. 3-b).

Budući razvoj servo sistema za pozicioniranje glave treba da omogući

U budućnosti magnetske memorije ne treba sumnjati, one će ostati najvažniji oblik za trajni zapis, iako je druge tehnologije pokušavaju istisnuti.

Sl. 3 Obvojnice izlaznog signala kod konvencionalnog i barijum-feritnog mekog diska

preciznije pozicioniranje, što bi moglo povećati kapacitet barijum-ferit disketa na 32 MB. Smatra se da bi, konačno ova barijum-feritna tehnologija omogućila da se na meku disketu smesti 64 MB.

Magnetske trake

Sa pojavom personalnih računara pojavila se i magnetska traka od četvrtine inča. Razvijena je da spremi 5 MB

podataka i ubrzo po pojavi postala je popularna za pravljenje kopija diska (backup) za personalni računar.

Ubrzo se pojavio 8-milimetarski format koji je koristio standardni VHS metod za spremanje podataka (helical scan), a na kasete sa ovom trakom moglo je da stane 2 gigabajta podataka.

Današnja tehnologija je donela 4-milimetarsku digitalnu audio traku (DAT) koja koristi digitalnu tehnologiju zapisivanja razvijenu za DAT uređaje u muzici. DAT trake imaju sposobnost da smeste gigabajte podataka na samo jednu traku [8].

Na tabeli 1 prikazana je usporedba 1/4 inčne trake sa DAT trakom.

treba da se kreće brzo, ona ima brzinu od 1/3 inča u sekundi. Kod DAT sistema svaka glava čita svoj trag, a kako se tragovi mogu preklapati, to smanjuje prazan prostor na traci. Sve to zajedno omogućuje da se traka sporije kreće, a samim tim i da duže traje. Ove trake mogu izdržati i preko 1000 prolaza.

Oba sistema, sistem 8 mm i DAT sistem 4 mm koriste »helical scan« tehnologiju. Glavna razlika sistema je u stepenu namotavanja trake oko rotirajućeg bubnja. Kod sistema 8 mm on iznosi 221°, a DAT sistem ima daleko manji ugao — svega 90°, što smanjuje trenje i sprečava gužvanje za vreme brzih pretraživanja (sl. 4).

T1 Usporedne karakteristike 1/4 inčne i DAT trake

Tabela 1

	1/4 Inčna traka	DAT
Kapacitet	60—500 MB	2.5 GB
Mogući kapacitet	1 GB	5 GB
Gustina zapisa	12 500 Bajta/Inču	61 000 Bajta/Inču
Brzina prenosa	90 KB/sec	207 KB/sec
Tehnologija glave	Stacionarna	Rotirajući bubanj
Metod zapisivanja	Analogno	Digitalno
Cena po 100 MB	25 \$	1.20 \$

Već prvi pogled na tabelu ukazuje na velike prednosti DAT trake. Treba naglasiti da se traka kod konvencionalnih sistema mora kretati brzo (90—120 inča u sekundi) da bi se dobila zadovoljavajuća brzina i kvalitet zapisivanja. To stvara problem zagrevanja trake pri prolazu preko stacionarne glave i dovodi do uništavanja magnetskog sloja — prosečno trake mogu da izdrže od 200 (150 MB) do 400 (60 MB) prolaza.

DAT sistem koristi rotirajući bubanj. Zato što glave na rotirajućem bubnju čine glavni posao, DAT traka ne

Prednost DAT sistema u ovom manjem uglu namotavanja oko rotirajućeg bubnja ujedno omogućava pretraživanje trake sa brzinom 200 puta većom od nominalne brzine čitanja i upisa.

DAT sistem i sistem 8 mm imaju različite organizacije glava. DAT sistem ima jednu glavu za čitanje i upis i to mu omogućuje da mnogo uspešnije od klasičnog sistema prati oštećene tragove (sl. 5).

Spremanje tako velikog broja podataka na traku zahteva izvanrednu kontrolu grešaka. Za traku od 1,2 giga-

Sl. 4 Uglovi zatezanja trake kod DAT i sistema 8 mm

Sl. 5 Sistemi glava kod DAT 4 mm i sistema 8 mm

bajta greška od 10^{-8} kao kod konvencionalnih sistema ovde više nije zadovoljavajuća. Zato se kod DAT sistema koristi poseban sistem za kontrolu grešaka (FEC-Forward Error Correction), pa je greška smanjena na jednu u 10^{15} bita, što znači — jedna greška na 1 000 000 traka.

Kako radni diskovi rastu u kapacitetu, raste i potreba spremanja kopija tih diskova, tako da DAT ima svoju sigurnu budućnost. Već je preko 15 000 DAT sistema instalirano u SAD i Evro-

tički diskovi omogućavaju spremanje velike količine informacija u obliku pogodnom za mašinsku obradu. Sa druge strane, vreme pristupa podacima ispod 10 ms, uz brzinu prenosa od 10 megabita u sekundi, daje prednost magnetiskim diskovima u slučajevima kada je potreba za podacima na disku česta.

Optički diskovi su spori iz više razloga. CD-ROM i neki WORM (write once, read many times) diskovi koriste konstantnu linearnu brzinu (CLV), tj.

Sl. 6 Organizacija CLV optičkog diska

pi, a veliki svetski proizvođači JVC, Hitachi, Sony i mnogi drugi su na tržištu sa DAT proizvodima.

Optičke memorije

Optički i magnetski medijumi za spremanje podataka nalaze se na različitim stranama po svojim osobinama. Optički medijumi nude velike kapacitete, a magnetski dobre karakteristike. Svojim kapacitetom, zamenljivim kartridžima od po nekoliko gigabajta, op-

podaci su organizovani sekvencijalno u kontinualnom spiralnom tragu, a ne u tragovima i sektorima (sl. 6).

Kada se traži neki podatak, glava za čitanje mora pronaći položaj podatka, a ne njegovu adresu. To znači da glava mora proći preko celog diska da bi očitala traženi podatak. Pri tome, što je glava bliža spoljnoj ivici diska, to se on brže okreće. U svakoj sekundi glava pročita 2 kilobajta podataka.

Optički diskovi koji koriste konstantnu uglovnu brzinu (CAV) — imaju

podatke organizovane u sektore i tragove (sl. 7). Zapis je gušći što su tragovi manji i što su bliži centru. CAV sistem ima manje podataka na disku od CLV sistema, ali se podacima znatno brže pristupa.

prolazi glava preko njih drugačija. Zato Z-CAV diskovi mogu da drže 1 gigabajt podataka umesto normalnih 650 MB. Brzina pristupa spoljnim tragovima takođe je veća nego kod CAV diskova.

Sl. 7 Organizacija CAV optičkog diska

Kod optičkih memorija glava je teža od glave kod magnetskih diskova, pa joj stoga treba više vremena da pristupi podacima.

Do sada su loše osobine optičkih diskova bile vezane za tehnologiju magnetno-optičkih diskova, koja zahteva dva prolaza glave preko diska za upis podatka. Prvi prolaz je za brisanje postojećeg podatka, a drugi za upis novog. Osim ove postoji još jedna varijanta korištenja magnetno-optičkih diskova, a naziva se Z-CAV (zoned constant angular speed). Ova tehnologija još nije postala standard, ali veliki svetski proizvođači, kao Hewlett Packard i Maxoptics počeli su da je primenjuju. Z-CAV koristi činjenicu da su spoljni tragovi na disku duži nego oni unutrašnji i da omogućavaju gušće pakovanje podataka ukoliko je istovremeno i brzina kojom

Magnetno-optičke memorije

Nova tehnologija, koja se nedavno pojavila, prva je optička tehnika zapisa koja ne zahteva dva prolaza glave za upis podatka. Ova fazno promenljiva tehnologija zasniva se na magnetno-optičkoj (MO) tehnologiji. Kao što ime kazuje, magnetno-optički diskovi su kombinacija magnetske i optičke tehnologije i za razliku od čisto optičkih tehnologija kao CD-ROM i WORM, MO sistemi ovise o magnetizmu i optici.

Uspešna tehnologija upisa i čitanja treba da omogući jasno razlikovanje stanja 1 i stanja 0 na mediju. Kao što magnetski medijumi ispunjavaju ove zahteve, tako ih ispunjavaju i MO diskovi, a interesantan je poseban način na koji oni to čine. MO diskovi napravljeni su od slojeva stakla ili polikarbon-

skih substrata. Aktivni sloj za upis je od lantanida (retke zemlje) koji je u sendviču dva sloja, tako da pojačava efekat laserskog snopa. Dva dodatna sloja štite aktivni sloj od zagađenja. On je uvek namagnetisan. Magnetska površina deluje na polarizaciju bilo koje

jentacija susednih tačaka. Ovaj zadatak može izvršiti samo laser, a on ga rešava tako što zagrije tačku na medijumu do temperature koja se naziva Curie tačka. To je temperatura kada magnetski materijal gubi magnetsku orijentaciju i tada glava sa malim elek-

Sl. 8 Čitanje sa MO diska

svetlosti koja se odbija od nje, tako da joj menja polarizaciju u smeru kazaljke ili suprotno od smera kazaljke na satu, što je poznato kao Kerr efekat. Smer ove polarizacije zavisi od magnetizacije površine diska. Svaka tačka na MO disku može imati dva magnetska stanja: pozitivno ili negativno, što odgovara 0 ili 1. Optička glava određuje da li je tačka 0 ili 1, analizirajući kako je zraka lasera slabe snage polarisana posle odbijanja od te tačke. Negativna Kerr rotacija odgovara jednom, a pozitivna drugom stanju.

Da bi se izvela promena orijentacije tačaka na disku, potrebno je izvesti veoma preciznu sinhronizaciju rada optičkog i magnetskog sistema za upis na disk, a to je, u stvari, problem koji se javlja kod upisa podataka na disk.

Da bi upisali podatak na MO disk, treba promeniti orijentaciju tačke na disku, pri čemu se ne sme menjati ori-

tromagnetom polariše tu tačku u željenu polarizaciju. To što pre upisa mora da se izbriše prethodni sadržaj, uslojava proces, jer je zbog toga glava masivnija, proces je složeniji i dva do četiri puta sporiji od istih operacija magnetskog diska.

Optička memorija sa faznom promenom

Sistemi sa faznom promenom su čisto optički sistemi. Za razliku od MO sistema, gde laser za čitanje priprema medij za čitanje, laser za čitanje kod fazno-promenljivih sistema zaista i čita podatak sa diska. Sam laser određuje da li je tačka 0 ili 1. Ovi sistemi za medijum koriste telur ili selen koji imaju osobinu da mogu biti u amorfnom ili kristalnom obliku. Prelazak iz jednog u drugo stanje može se izvesti upotrebom lasera male snage, [6].

Sl. 9 Zapisivanje na MO disk

Sl. 10 Osnove rada sistema sa promenom faze

Početno stanje medija je amorfno. Promena neke tačke na medijumu u kristalno stanje ili promena te tačke u amorfno stanje vrši se laserom. Temperaturna tačka pri kojoj se tačka na medijumu menja iz amornog u kristalno stanje naziva se tačka kristalizacije, a dobija se sa 8 mW laserom. Temperaturna tačka topljenja je veća od temperaturne tačke kristalizacije i za njeno postizanje koristi se nešto jači laser od 18 mW. Važna karakteristika ovih materijala je da se posle topljenja ne rekristalizuju već da prelaze u amorfno stanje, pa ovo svojstvo omogućava prelaz iz amornog stanja u kristalno i obratno.

Amorfno i kristalno stanje pokazuju različita optička svojstva, tako da sa laserom male snage nije teško pročitati da li je tačka na mediju 0 ili 1, što je prikazano na slici 11.

Prošlog proleća firma Panasonic prikazala je LF 7010 — prvi fazno promenljivi disk. Taj disk je izveden na 5 i 1/4 inčnom medijumu i može da spremi 1 gigabajt podataka. Brzina prenosa sa diska je 10,3 MB u sekundi. Panasonic tvrdi da je srednje vreme otказа 20.000 sati i da je greška po bitu manja od 10^{-12} . Sa srednjom brzinom pristupa podacima od 90 ms LF 7010 je brži od WORM standarda, ali 50 procenata sporiji od magnetooptičkih diskova i 10 puta sporiji od tvrdih diskova. Očito da ovakav disk još uvek nije spreman da uđe na tržište kao ravnopravan partner.

Holografske memorije

Procesorska brzina kod savremenih računara prelazi milijardu instrukcija u sekundi. Sa takvim brzinama nu-

Sl. 11 Čitanje sa diska sa promenom faze

Razvojem ovih sistema svakako će se smanjiti dimenzije glave i tako povećati vreme pristupa i brzina diskova. A i materijali koji se koriste kao medijum svakako da će se poboljšavati.

žno se postavlja i zahtev za smanjenjem vremena pristupa podacima i povećanjem brzine prenosa podataka između primarne i sekundarnih memorija, zapravo između RAM memorije i disko-

va. Bez obzira na to kakva je arhitektura i organizacija računara, karakteristike računara limitirane su brzinom pristupa podacima (kako upisivanje, tako i čitanje). Ograničenja nastaju zbog mehaničkih sklopova, koji su po svojoj suštini sporiji od elektronskih.

Uprkos razvoju optičkih i magnetnih diskova, postoje fizička ograničenja dostizanja zadovoljavajućih brzina kod rotirajućih diskova. Diskovi danas mogu prenositi od 3 do 8 megabajtova u sekundi.

Onom što je korisnicima računara potrebno jeste memorijski uređaj, koji će se ponašati kao RAM memorija, a imati kapacitet i cenu kao magnetski i optički diskovi. Razvija se nova tehnika spremanja podataka kao trodimenzionalni optički hologram. Popularno se naziva holostore. Taj uređaj mogao bi da prevaziđe problem ulazno-izlaznog uskog grla.

Spremanje i uzimanje podataka kao dvodimenzionalnog svetlosnog oblika, ili stranica, u trodimenzionalnu zapreminu kristala osetljivog na svetlost, predstavlja osnovu holostora. Organizovanje podataka u stranice daje veću brzinu pristupa nego kod rotirajućih diskova. Na primer, najbrži disk treba 5 sati da prenese količinu podataka koju holostore prenese za 1 sekundu.

Ova tehnologija zasnovana je na PVHS tehnici (photo-refractive volume holographic storage) i u ne tako dalekoj budućnosti mogla bi da omogući sekundarnim memorijama da budu brže od samog procesora [4].

Za ilustraciju, pretpostavimo da je medijum za spremanje podataka u holostoru matrica od 2500 malih kristala (50×50) smeštenih u zapreminu dimenzija $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}$. Ostale osobine navedene su u tabeli 2.

Tabela 2

Karakteristike	Prototip	Moguće dostići
Veličina stranice	64 KB	1 MB
Vreme čitanja stranice	<10 Mikrosekundi	100 Nanosekundi
Vreme upisa stranice	100 Mikrosekundi	10 MiMikrosekundi
Brzina prenosa	<800 MB u sec	>1 Terabajta u sec
Cena	Nepoznato	Dva puta manje od magnetskih
Kapacitet	<2 Gigabajta	>100 Gigabajta

Sl. 12 Holostor otklanja usko grlo

Najvažnije komponente holostora su laserski izvor, prostorni svetlosni modulator, kristalna matrica, stranični selektor i detektorska matrica.

Posle straničnog kompozitora holostore fokusira snop podataka kroz sistem sočiva i kroz kristalnu matricu. Referentni snop i snop podataka ulaze

Sl. 13 Osnova holostorskog zapisa

Laserski snop se deli na razdvojenе snopove i usmerava u kristale da čita ili upisuje stranicu podataka. Laserski izvor je YAG laser sa izlaznom snagom od 80 mW i talasnom dužinom od 532 nm koja se nalazi u vidljivom delu spektra.

Proces upisa prikazan je na slici 14 i može se ukratko opisati na sledeći način: laserski snop prvo nailazi na adresni otklonski sistem, koji ga usmerava na pojedine stranice memorije. Dalje se snop deli na snop podataka i na referentni snop. Počevši od razdelnika snopa, holostore širi snop podataka na površinu straničnog kompozitora, gde digitalni elektronski podaci ulaze u sistem. Ti podaci se prikazuju na površini kompozitora stranica i osvetljavaju sa proširenim snopom podataka, formirajući bit mapu tamnih i svetlih tačaka. Holostore pretpostavlja ovaj oblik tačaka zasnovan na digitalnim podacima u laserski snop, gde oni predstavljaju bitove na stranici koja treba da se zapiše.

zajedno i interferiraju, a rezultat ove interferencije se zapisuje u fotorefraktivni materijal. Holostore konvertuje ovaj rezultat koji ima oblik rešetke u promenu optičkih osobina kristala. Rezultat svega ovoga je holografška slika koja je sadržana u snopu podataka. Interferencijska rešetka omogućuje da se ponovo stvori hologram kada holostore čita podatke.

Kao primer se može navesti da za matricu koja se sastoji od 256×256 bitova (8 K bajtova) treba oko 100 μ s za transfer, a odatle proizilazi da je teoretska brzina prenosa 80 MB u sekundi.

Ciklus čitanja je relativno jednostavan. Za vreme čitanja snop podataka je isključen, tako da se koristi samo referentni snop. Holostore bira lokaciju stranice koja treba da se čita i ugao koji određuje adresu te iste stranice.

Referentni snop osvetljava interferencijsku rešetku smeštenu na izabranom uglu i to rezultira rekonstrukcijom slike originalne bit mape koja je tamo upisana. Holostore zatim fokusira

Holografška memorija

Sl. 14 Holografška memorija

taj oblik kao sliku na sistemski detektor matrice. Detektor matrice je uređaj koji prima rekonstruisane svetle i tamne oblike slike i pretvara ih opet u digitalni elektronski signal za prenos u računar. Srednje vreme pristupa stranici od 1 μ s već je postignuto, a to znači da je brzina prenosa moguća čak i do 800 MB u sekundi.

Holostor je tehnika koja će na jednostavan način da poboljša performanse postojećih sistema, tako što će rešiti njihove probleme sa osetljivošću na vibracije i na promene temperature, a to su problemi koje sistemima postavljaju diskovi. Već je provereno da svaki kristal može da primi preko 30 stranica, ali nedavni eksperimenti su pokazali da ovaj broj može da naraste i do 50 stranica po kristalu. Jedna kompanija za svemirska istraživanja prikazala je prototip litijum-niobat kristala, koji bi mogao da primi 500 stranica informacija bez pojavljivanja problema vezanih za odnos signal-šum.

Na Stanford univerzitetu u SAD, 1988. godine, patentirana je nedestruktivna tehnika čitanja podataka i tehnika izrade matričnih kristala, umesto monolitnih kristala. Tehnika nedestruktivnog čitanja daje mogućnost čitanja bez degradacije zapisanih podataka. Testovi su pokazali da je moguće izvesti milijardu čitanja bez degradacije podataka. Korišćenje matričnih kristala donosi mnogo prednosti u holografsko spremanje podataka. Mali kristali se lako proširuju sa novim kristalima i tako se jednostavno može povećavati kapacitet. Mali kristali takođe povećavaju uglovnu selektivnost stranica, što povećava broj zapisanih stranica.

Poluprovodničke memorije

Postoje dve vrste memorija: privremene i stalne. Memorije kao što su DRAM memorije nazivaju se privremene, jer one »zaborave« svoj sadržaj kada se napajanje isključi. Memorije

kao što su ROM memorije su stalne memorije, jer, isključivanje napajanja ne briše njihov sadržaj.

DRAM memorije su reprogramibilne, što znači da se njihov sadržaj može menjati. Kada se učita nova datoteka, stara se zamenjuje novom. ROM memorije se ne mogu reprogramirati, tj. njihov se sadržaj ne može menjati.

Nekoliko godina posle pojave DRAM memorija pojavile su se Erasable Programable ROM memorije (EPROM). One su reprogramibilne i stalne, ali imaju jedan nedostatak. Da bi se reprogramirale moraju biti izložene ultraljubičastoj svetlosti više od 20 minuta. Krajem sedamdesetih godina pojavile su se Electrically erasable programmable read only memory (EEPROM). One su reprogramibilne i stalne. Prednost im je što se mogu reprogramirati u računaru, a nedostatak što su veoma skupe.

Sredinom osamdesetih godina firma Toshiba je prikazala trenutne memorije (flash memory). Kao i EPROM i EEPROM, trenutne memorije su stalne i reprogramibilne. Međutim, nisu skupe i mogu se reprogramirati u računaru. Karakteristike trenutnih memorija čine ove memorije idealnim da budu kompaktni »diskovi«. Diskovi zasnovani na trenutnim memorijama su od 125000 do 250000 puta brži u poređenju sa raspoloživim tvrdim diskovima, ali su limitirani sa kapacitetom do 40 megabajta, dok tvrdi magnetski diskovi mogu imati kapacitet i do 1 gigabajta [7].

Potrebno vreme pristupa podatku u trenutnoj memoriji je 120 ns, dok je za pristup podatku kod magnetskih diskova reda desetak milisekundi. U nekim primenama, kao, na primer, u portabl računarima, još jedna njihova osobina dolazi do izražaja, a to je mala potrošnja struje. Diskovi sa trenutnim memorijama su mnogo manji potrošači od standardnih magnetskih diskova; na primer jedno-megabajtni trenutni disk troši samo 1,2 w.

Trenutne memorije su veoma brze, troše malo struje i imaju veliku pouzdanost i čini se da su idealne kao medijum za spremanje podataka. Ali, limitirajući faktor u ovom medijumu je njihova visoka cena. Tako preračunato za jedan megabajt, kod trenutnog diska on košta 120 dolara, dok jedan megabajt klasičnog magnetskog diska košta svega 8 dolara. Drugi limitirajući faktor je gustina pakovanja. Tako najgušće pakovan trenutni disk u čipu na tržištu može da spremi 2 megabita podataka, što znači da za disk od 40 megabajta treba 160 ovakvih čipova. Što se, cene tiče, ona će sigurno padati, a i gustina pakovanja po čipu će, zahvaljujući razvoju tehnologije sigurno rasti.

Prenosivi personalni računari su idealni za trenutne memorije, kao prvo, zato što se kod njih zahteva da potrošnja bude što manja zbog baterijskog napajanja, a, kao drugo, zato što su trenutni diskovi bez mehaničkih delova, te su neosetljivi na udarce, vibracije, i slično.

Osim toga, trenutne memorije su pogodne za primenu u prenosivim (laptop) računarima i zbog toga što omogućavaju promenu verzije DOS-a, ili bilo kog drugog operativnog sistema kada god se za to ukaže potreba.

Na trenutnim memorijama, koje su napravljene tako da su smeštene na pločicu veličine kreditne kartice, mogu se držati programi i podaci bez straha da će u slučaju isključenja napajanja doći do brisanja podataka.

Kada se trenutne memorije koriste u laserskom štampaču, ne treba imati kartridže sa fontovima, već je dovoljno da se prebaci željeni font u trenutnu memoriju.

Što se tiče reprogramibilnosti, trenutne memorije su negde između EPROM i EEPROM memorija.

Glavna razlika između trenutnih memorija i EPROM-a je u tome što trenutne ne zahtevaju ultraljubičastu svetlost da bi se reprogramirale. Trenutne

Sl. 15 Poluprovodnička brza ćelija

Sl. 16 Usporedba masovnih memorija

ostaju u računar, kao i EEPROM, i reprogramiraju se na isti način kao i EEPROM.

Trenutne memorije kombinuju prednosti EPROM-a i EEPROM-a, a to su niska cena i električna reprogramabilnost. Ove prednosti daju trenutnim memorijama značajno učešće u svetu računara. Korisnici prenosivih računara prvi će osetiti prednosti trenutnih memorija.

Zaključak

Nakon što je obrađena ova materija, uviđa se da o klasičnom zaključku ne može biti govora, ovde treba nešto poput trenutnog rezimea. Situacija sa tehnologijama masivnog zapisa podataka se gotovo svakodnevno menja, svaki novi sistem donosi sobom usavršenu verziju već primenjene tehnologije ili novi prilaz ovom problemu.

Trenutno se može napraviti usporredba postojećih sistema, kao što je to urađeno na slici 16, a može se reći sledeće:

— klasični magnetski tvrdi diskovi i diskete su još uvek konkurentni, postali su manji, smanjili su potrošnju,

brzi su u radu, imaju niske cene, ograničenog su kapaciteta i veoma osetljivi na vibracije, visoke temperature i spoljna elektromagnetska polja;

— optički diskovi agresivno na diru, većih su dimenzija, veći su potrošači električne energije, imaju veće cene, sporiji su u radu, ali imaju ogromne kapacitete i neosetljivi su na spoljne uticaje;

— komplementarna tehnologija — magnetno-optički diskovi, donekle pružaju pogodnosti oba ova pristupa;

— poluprovodničke memorije pružaju izvanredne brzine, visoku pouzdanost, nisku potrošnju, visoku cenu i mali kapacitet;

— trake ostaju nezamenjive za »backup« diskova.

Na kraju treba reći da je teško odlučiti da li prednost treba dati brzini rada ili mogućnosti rada sa većim kapacitetom. Optički sistemi daju dugotrajnost zapisa (60—100 godina) i omogućavaju terenske uslove rada, ali istovremeno vrše atak na nervni sistem operatora kome su sekunde dragocene. Komplementarne tehnologije možda upravo pružaju rešenje, a možda se već razvija neka sasvim nova tehnologija, do juče nezamisliva.

Literatura:

- [1] Harvey D.: »State of the Media«, Byte, Novembar 1990.
- [2] Redfield, S. i Hesselink L.: »Enhanced Experiments on Holographic Storage and Retrieval«, Optics Letters, Oktobar 1988.
- [3] Reinhard A.: »Playing Catch-up«, Byte, Novembar 1990.
- [4] Parish T.: »Crystal Clear Storage«, Byte, Novembar 1990.
- [5] Redfield, S. i Hesselink L.: »Photorefractive Holographic Recording in Strontium Barium Niobate Fibers«, Optics Letters, Oktobar 1990.

- [6] Ryan B.: »Entering a New Phase«, Byte, Novembar 1990.
- [7] Luthi W.: »Store Data in a Flash«, Byte, Novembar 1990.
- [8] Lion K.: »DAT's a Solution«, Byte, Novembar 1990.
- [9] Parčina N.: »Elektronski elementi i sistemi«, SSNO, 1985.