

DISCURI COMPACT. INTERFAȚA ATAPI

1. Scopul lucrării

În lucrare se prezintă structura discurilor compact audio și CD-ROM, formatele de înregistrare pentru acestea, modul de reprezentare a datelor pe suport. Sunt descrise diferite tipuri de discuri compact: CD-DA, CD-I, CD-ROM/XA, Photo CD, Video CD, CD-R, CD-RW. Se prezintă principiile interfeței ATAPI, registrele acestei interfețe și lista comenzilor.

2. Considerații teoretice

2.1. Suportul fizic al discurilor compact

Suportul fizic al discurilor CD-ROM este definit în standardul “*Yellow Book*”. Formatul fizic al discurilor compact audio (CD-DA) este definit în documentul numit “*Red Book*”. O extensie a acestui document, “*Red Book Plus*”, definește discurile compact în modul mixt, care conțin atât date, cât și informații audio/video.

Un disc compact are un diametru de 12 cm și o grosime de aproximativ 1,2 mm. Este format dintr-un substrat de policarbonat transparent, datele fiind înregistrate sub forma unor *cavități* (*pits*) microscopice de mărimi variabile, plasate între spații plate, numite *suprafețe* (*lands*). Întregul disc este acoperit cu un strat de aluminiu reflectorizant, peste care se suprapune un strat protector de plastic (Figura 11.1).

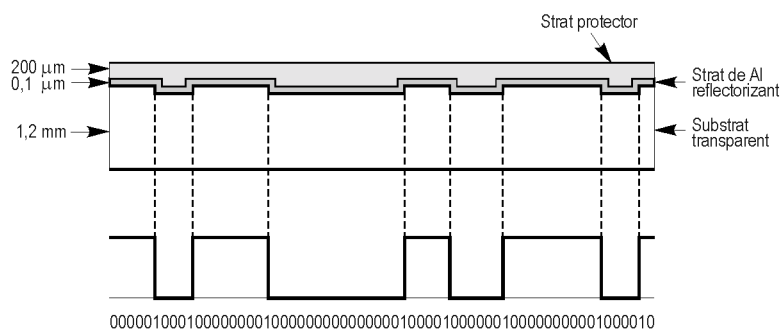


Figura 11.1. Diferitele straturi ale unui disc compact și semnalul obținut la citire.

Partea cea mai vulnerabilă a discului este partea cu stratul protector, care este foarte subțire. Discul nu trebuie îndoit, deoarece în acest caz apar fisuri ale acestui strat, care permit pătrunderea aerului și oxidarea stratului de aluminiu. Zgârierea stratului protector de pe partea superioară a discului poate distruge fâșii ale stratului de aluminiu, ceea ce poate determina ca discul să devină inutilizabil.

Citirea informațiilor de pe disc se bazează pe gradul diferit în care este reflectată o rază laser de către cavități și suprafețe. Suprafețele au un grad de reflexie mai mare decât cavitățile. Raza reflectată este detectată de o celulă fotoelectrică, care va genera o succesiune de impulsuri electrice.

Datele sunt înregistrate pe o singură spirală, începând de la centrul discului. Distanța între două piste spirale alăturate este de 1,6 μm, ceea ce corespunde unei densități de 16.000 piste/inch (*tracks per inch - tpi*), față de o densitate între 96 și 180 *tpi* a discurilor flexibile. Fiecare bit de infor-

mație necesită o lungime de 300 nm pe pista spiralată. Cavitățile au adâncimea de $0,12\ \mu\text{m}$ și lățimea de $0,6\ \mu\text{m}$ (Figura 11.2). Lungimea cavităților și a suprafețelor este cuprinsă între $0,9\ \mu\text{m}$ și $3,3\ \mu\text{m}$.

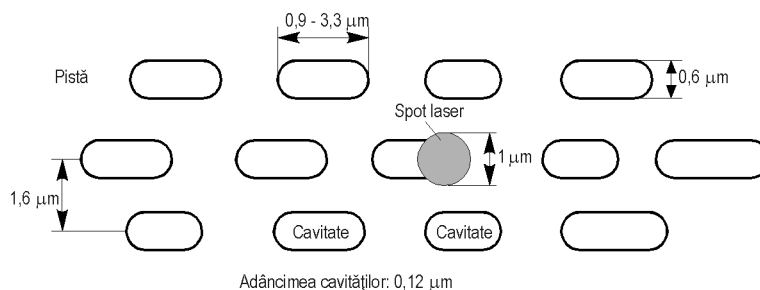


Figura 11.2. Dimensiunile cavităților și distanța între pistele unui disc compact.

2.2. Organizarea și codificarea datelor pe discurile compact

Există mai multe nivele de organizare a datelor pe discurile compact, fiecare nivel fiind construit pe nivelul precedent.

- La nivelul cel mai scăzut, datele sunt înregistrate pe disc sub formă de *cavități* și *suprafețe*. Ele sunt codificate prin diferite metode astfel încât să se asigure o densitate de înregistrare ridicată și recuperarea sigură a erorilor.
- La următorul nivel, datele sunt organizate în sectoare și piste.
- Specificațiile *High Sierra*, care au fost adoptate ulterior ca standardul ISO 9660, definesc un sistem de fișiere bazat pe sectoarele și pistele discului.

2.2.1. Înregistrarea și codificarea datelor pe suport

La nivelul cel mai scăzut, datele sunt codificate astfel încât să se optimizeze procesul de conversie analog-digitală. Aspectele care s-au avut în vedere la codificarea datelor la acest nivel sunt următoarele:

1. *Densitatea ridicată a informațiilor.* Aceasta necesită o codificare prin care să se utilizeze în mod optim rezoluția ridicată, dar limitată, a razei laser și a ansamblului optic de citire.
2. *Interferența minimă între simboluri.* Aceasta necesită ca numărul minim de biți consecutivi de 0 sau de 1 să fie cât mai mare posibil.
3. *Evitarea unei piste separate pentru sincronizare.* Pentru aceasta, datele trebuie codificate astfel încât semnalul de ceas să poată fi regenerat din semnalul de date. Este necesară deci limitarea numărului de biți consecutivi de 0 sau de 1, astfel încât tranzițiile de date să regenereze semnalul de ceas.

O codificare simplă ar fi reprezentarea biților de 0 prin suprafețe și a biților de 1 prin cavități. O astfel de codificare nu respectă însă cerința (1), dar nici cerințele (2) și (3). De exemplu, valoarea întreagă 0 exprimată prin 32 de biți de 0 ar avea un număr prea mare de biți consecutivi de 0, și nu ar respecta cerința (3). Motivul acestei cerințe este de natură tehnologică. Dacă, de exemplu, pe o porțiune există un șir lung de biți cu valoarea 0 (sau 1), unitatea de citire ar trebui să dispună de un ceas extrem de precis, care să se declanșeze exact la intervalul corespunzător parcurgerii celor 300 nm, pentru ca bitul următor să fie citit corect. Acest lucru nu este posibil în stadiul actual al tehnologiei.

Din acest motiv, s-a limitat lungimea cavităților și a suprafețelor. Prin această limitare, trecerea de la o stare la alta se va realiza suficient de frecvent pentru ca precizia ceasului să fie suficientă. Ceasul se utilizează la numărarea biților reprezentați într-o cavitate sau pe o suprafață, în funcție de lungimea ocupată.

Biții sunt înregistrați pe suport după metoda RLL (*Run Length Limited*), metodă utilizată și la discurile fixe. Fiecare tranziție de la o cavitate la o suprafață (sau invers) corespunde cifrei binare 1, și fiecare lipsă de tranziție corespunde cifrei binare 0. Atât cavitățile cât și suprafețele conțin deci cifre de 0. Lungimea minimă a acestora este de 3 biți, iar lungimea maximă este de 11 biți. De aici rezultă că:

- Nu se pot înregistra doi biți succesivi cu valoarea 1.
- Între doi biți cu valoarea 1 se vor găsi cel puțin 2 și cel mult 10 biți cu valoarea 0.

Deoarece aceste restricții nu pot fi respectate pentru un octet oarecare (nu se pot reprezenta toate combinațiile posibile), se utilizează o codificare prin care un octet de date este reprezentat prin 14 biți de canal. Există un număr mult mai mare de combinații de 14 biți (16.384) față de combinații de 8 biți (256). Pentru codificarea combinațiilor de 8 biți, s-au ales 256 de combinații de 14 biți care respectă cerințele enunțate. Metoda se numește *modulare 8 la 14* (*Eight to Fourteen Modulation - EFM*). Se utilizează o tabelă pentru a realiza corespondența între cele 256 de combinații valide pentru un octet și secvențele de 14 biți. Pentru valorile zecimale, această corespondență este prezentată în Tabelul 11.1.

Pentru ca între două secvențe de cod EFM alăturate să nu existe doi biți de 1 succesivi, după fiecare secvență de 14 biți sunt inserați 3 biți suplimentari, care nu sunt luați în considerare la prelucrarea datelor. Pentru reprezentarea unui octet de date sunt necesari deci 17 biți de canal: 14 biți EFM și 3 biți suplimentari.

Tabelul 11.1. Tabelul de corespondență pentru modularea EFM.

Zecimal	8 biți	14 biți
0	0000 0000	01 0010 0010 0000
1	0000 0001	10 0001 0000 0000
2	0000 0010	10 0100 0010 0000
3	0000 0011	10 0010 0010 0000
4	0000 0100	01 0001 0000 0000
5	0000 0101	00 0001 0001 0000
6	0000 0110	00 0100 0010 0000
7	0000 0111	00 1001 0000 0000
8	0000 1000	01 0010 0100 0000
9	0000 1001	10 0000 0100 0000
10	0000 1010	10 0100 0100 0000

Pentru evitarea unei piste separate de ceas, este necesară o sincronizare periodică. De aceea, datele sunt divizate în blocuri numite *cadre*, la începutul fiecărui cadru existând un antet de sincronizare. Cadrul este deci unitatea de bază de sincronizare. Structura unui cadru este prezentată în Figura 11.3.

Sincronizare	Control	Date (Eșantioane L)	CIRC	Date (Eșantioane R)	CIRC
27 biți	1 octet	12 octeți	4 octeți	12 octeți	4 octeți

Figura 11.3. Structura unui cadru al discurilor compact.

Cu excepția biților de sincronizare, toate celelalte câmpuri dintr-un cadru sunt codificate după metoda EFM. Un cadru conține:

- Un antet de sincronizare (27 biți);
- Un octet de control ($14 + 3 = 17$ biți);
- De două ori câte 12 de octeți de date ($2 \times 12 \times (14 + 3) = 408$ biți);

- De două ori câte 4 octeți pentru detecția și corecția erorilor (CIRC - *Cross Interleaved Reed-Solomon Code*) ($2 \times 4 \times (14 + 3) = 136$ biți).

În total, pentru reprezentarea celor 24 octeți de date dintr-un cadru (192 biți) se utilizează 588 biți de canal.

În cazul discurilor audio, fiecare cadru conține câte 6 eșantioane digitizate de 16 biți pentru fiecare canal audio. Ele sunt indicate în Figura 11.3 prin *Eșantioane L* și *Eșantioane R*. Aceste canale audio sunt de obicei componentele din stânga și din dreapta ale unei perechi stereo. Fiecare cadru necesită pentru redare un timp de aproximativ 136,05 μ s. Astfel rezultă o frecvență de eșantionare de 44,1 KHz pentru fiecare canal.

2.2.2. Primul nivel de corecție a erorilor

Erorile se pot datora prafului, amprentelor, defectelor de fabricație sau deteriorării discului. O caracteristică semnificativă a acestor erori este că ele apar adesea în secvențe lungi.

Sistemul de detecție și corecție a erorilor utilizat în interiorul cadrelor se numește CIRC (*Cross Interleaved Reed-Solomon Code*), după numele matematicienilor *Reed* și *Solomon*. Acest sistem este integrat la nivel hardware în unitățile de disc, și are două componente. Componenta “*cross interleave*” divizează erorile lungi în mai multe erori scurte, iar componenta “*Reed-Solomon*” asigură corecția erorilor.

Se utilizează două decodificatoare *Reed-Solomon*. Pe măsură ce fiecare cadru este citit de pe disc, este decodificat mai întâi din 14 biți de canal (cei trei biți adiționali sunt ignorați) în octeți. Apoi, octeții din fiecare cadru (24 octeți de date și 8 octeți pentru corecția erorilor) sunt transmiși primului decodificator *Reed-Solomon*, care utilizează 4 din octeții pentru corecția erorilor și poate corecta un octet eronat din cei 32. Dacă nu sunt erori necorectabile, datele sunt transmise mai departe. Dacă există asemenea erori, datele se marchează ca fiind eronate în această etapă a decodificării.

Celor 24 de octeți de date și celor 4 octeți rămași pentru corecția erorilor li se aplică apoi *întârzieri inegale* înainte de a fi transmiși la cel de-al doilea decodificator *Reed-Solomon*. Aceste întârzieri inegale au ca rezultat o intercalare a datelor care determină divizarea erorilor lungi între mai multe treceri prin cel de-al doilea decodificator. Întârzierile sunt alese astfel încât erorile lungi de până la 450 de octeți pot fi corectate în totalitate. După corecția erorilor din cei 24 octeți de date de către cel de-al doilea decodificator *Reed-Solomon*, se reface ordinea corectă a datelor.

Dacă este distrusă o zonă mai mare, în cazul discului audio recuperarea datelor se poate realiza prin interpolare. De exemplu, dacă pe disc s-a înregistrat un șir de valori, de exemplu 12, 16, 24, iar valoarea din mijloc nu poate fi citită (datorită impurităților sau a deteriorării suprafeței), valoarea din mijloc se poate deduce prin interpolare ca fiind 18, care este media valorilor 12 și 24. Deși valoarea interpolată nu este exact cea corectă, diferențele pe plan acustic nu vor fi perceptibile.

2.2.3. Formatul unui sector

Un număr de 98 de cadre formează o unitate fizică de date numită *sector*. Un sector conține deci 98 octeți de control, $24 \times 98 = 2352$ octeți de date și $8 \times 98 = 784$ octeți pentru detecția și corecția erorilor.

Tehnologia de bază utilizată la discurile CD-ROM este aceeași ca la discurile audio. Fiecare sector trebuie să fie însă accesat direct, în acest scop fiind prevăzut câte un antet pentru fiecare sector, iar datele trebuie să aibă un grad de integritate mai ridicat, motiv pentru care este alocat un număr mai mare de octeți pentru detecția și corecția erorilor.

Pentru accesul direct la fiecare sector, se utilizează *octeți de sincronizare* și un *antet* care conține adresa sectorului. Cei 12 octeți de sincronizare au valori predefinite: primul și ultimul octet au valoarea 0, iar cei 10 octeți din mijloc au valoarea FFh. Această secvență permite unității de disc să identifice începutul unui nou sector.

În structura unui sector, după octeții de sincronizare urmează antetul. Acesta este format din 4 câmpuri, fiecare câmp ocupând un octet:

- Câmpul M al adresei absolute
- Câmpul S al adresei absolute
- Câmpul F al adresei absolute
- Câmpul de mod al datelor

Adresa absolută a unui sector este codificată sub forma MSF (*Minute, Second, Frame*). Adresa este împărțită în trei câmpuri, și fiecare câmp conține două cifre BCD. Câmpul M conține partea cea mai semnificativă a adresei absolute (minutele), având valori între 00 și 99. Câmpul S conține secunde, și are valori între 00 și 59. Câmpul F conține partea cea mai puțin semnificativă a adresei absolute (numărul cadrului), cu valori între 00 și 74. Adresa MSF de început a pistelor de date trebuie să fie exactă, dar pentru piste audio această adresă are o toleranță de ± 75 sectoare.

Câmpul de mod al datelor indică tipul informațiilor din sector (date sau audio/video), ca și modul de codificare audio.

Există două moduri de organizare a datelor pentru discurile CD-ROM. În *Modul 1*, prevăzut pentru piste de date (programe), după octeții de sincronizare și câmpul de antet urmează 2048 de octeți de date. În continuare există un câmp auxiliar de date, care conține codul pentru detecția erorilor (*Error Detection Code* - EDC) și codul pentru corecția erorilor (*Error Correction Code* - ECC). Între cele două coduri există 8 octeți cu valoarea 0. Capacitatea totală a unui disc CD-ROM de 74 minute este de $2048 * 75 * 74 * 60 = 681.984.000$ octeți, sau 650,39 MB. Structura unui sector în *Modul 1* este prezentată în Figura 11.4.

Sincronizare	Antet	Date	EDC	0	ECC
12 octeți	4 octeți	2048 octeți	4 octeți	8 octeți	276 octeți

Figura 11.4. Structura unui sector al discurilor CD-ROM în *Modul 1*.

În *Modul 2*, prevăzut pentru aplicații mai puțin critice (audio și video), câmpul auxiliar poate fi de asemenea utilizat pentru datele utilizatorului, în locul codurilor pentru detecția și corecția erorilor. Aceasta deoarece de obicei nu trebuie să se asigure o integritate ridicată pentru informațiile audio și video. Un sector are în acest caz $2048 + 288 = 2336$ octeți de date. Structura unui sector în *Modul 2* este prezentată în Figura 11.5.

Sincronizare	Antet	Date
12 octeți	4 octeți	2336 octeți

Figura 11.5. Structura unui sector al discurilor CD-ROM în *Modul 2*.

Pe același disc pot exista atât date, cât și sunete, imagini video etc. Acestea sunt *discuri în mod mixt*, care se conformează standardului ISO/IEC 10149. În asemenea cazuri, prima pistă conține date (în *Modul 1*), iar celelalte piste conțin informații audio sau video (în *Modul 2*). Problema care apare în acest caz este că unele aparate de redare CD nu efectuează automat saltul peste prima pistă, existând posibilitatea deteriorării echipamentului audio dacă prima pistă este redată cu un aparat CD audio.

2.2.4. Al doilea nivel de corecție a erorilor

În cazul discurilor audio, o eroare necorectată la nivelul cadrelor provoacă un zgomot, deseori imperceptibil, în timpul redării. În cazul discurilor utilizate pentru date, o eroare necorectată poate determina ca discul să devină inutilizabil. Rata de eroare de 10^{-9} asigurată de metoda CIRC nu este satisfăcătoare la discurile care conțin date. Pentru îmbunătățirea acestei rate, la discurile CD-ROM este pre-

văzut un al doilea nivel de detecție și corecție a erorilor (*Error Detection Code/Error Correction Code* - EDC/ECC) pentru datele înregistrate în *Modul 1*.

Pentru al doilea nivel de corecție a erorilor sunt alocați încă 280 de octeți, 4 octeți pentru detecția erorilor (EDC), și 276 octeți pentru corecția erorilor (ECC). Procedura de corecție se numește L-EC (*Layered Error Correction*), și asigură o rată de eroare de 10^{-12} .

Codul pentru detecția erorilor este un cod ciclic redundant (*Cyclic Redundancy Check* - CRC). Acesta ocupă primii 4 octeți ai câmpului auxiliar de date și asigură o foarte mare probabilitate de detecție a erorilor necorectate. Codul de corecție a erorilor se bazează pe același principiu ca și primul nivel de corecție, utilizând intercalarea și codul *Reed-Solomon*. Acest cod ocupă ultimii 276 de octeți ai câmpului auxiliar de date.

2.2.5. Organizarea discului

O *pistă* poate fi considerată ca o partiție a spațiului de adresare a discului. Un disc CD-ROM poate conține între 1 și 99 de piste, numerotate consecutiv. Totuși, prima pistă de informație poate avea un număr mai mare de 1. Pistele au o lungime minimă de 300 sectoare. Toate sectoarele unei piste trebuie să fie de același tip (să conțină fie date, fie informații audio/video), și trebuie să fie înregistrate în același mod. Fiecare schimbare a tipului de informații de pe disc necesită o trecere la o altă pistă. Un disc care conține atât date, cât și informații audio (sau video), va avea cel puțin două piste, una pentru date și una pentru audio (sau video).

Între pistele înregistrate cu tipuri diferite de informații trebuie să existe *zone de tranziție*. În plus, pot exista zone de tranziție la începutul și la sfârșitul oricărei piste. Zonele de tranziție conțin valori nule și conținutul lor nu poate fi citit. Pentru piste audio zonele de tranziție se numesc *zone de pauză*. Pentru piste de date zonele de tranziție se numesc *zone Pre-Gap* și *Post-Gap*. Standardele IEC 908 și ISO/IEC 10149 specifică duratele minime ale acestor zone. Nu sunt specificate duratele maxime. Zonele de tranziție sunt formatate și adresa logică a sectoarelor continuă să se incrementeze pe parcursul acestor zone.

Un disc CD-ROM este format din trei zone: zona *Lead-In*, care ocupă primii 4 mm de la centrul discului; zona de date; zona *Lead-Out*, care ocupă ultimul mm al discului. Zona *Lead-In* a discului este identificată ca pista 0, dar nu este adresabilă prin setul de comenzi CD-ROM. Subcanalul *Q* al acestei zone conține tabela de conținut TOC (*Table Of Contents*) a discului. Zona *Lead-Out* este identificată ca pista AAH, dar nu este adresabilă prin setul de comenzi CD-ROM.

Tabela de conținut indică adresa absolută a primului sector de informații din fiecare pistă. Această tabelă păstrează de asemenea informații de control pentru fiecare pistă (date/audio, metoda de codificare audio etc.). Tabela de conținut nu păstrează însă informații despre diferitele moduri ale pistelor de date (de exemplu *Modul 1* sau *Modul 2*). Adresa absolută a unui sector este codificată sub forma MSF (*Minute, Second, Frame*), și indică timpul față de începutul discului în minute, secunde și cadre.

Adresarea logică a informațiilor de pe discul CD-ROM poate utiliza orice dimensiune a blocului logic. Dimensiunea blocului logic este de obicei un divizor exact sau un multiplu întreg al numărului de octeți dintr-un sector. La discurile care conțin date și la cele mixte (date și audio/video), adresa logică 0 se asignează blocului cu adresa MSF 00/02/00. La discurile audio, adresa logică 0 se asignează blocului de început al pistei 1. Se poate utiliza adresa de început a pistei 1 din tabela de conținut, sau se poate asigna adresa logică 0 blocului cu adresa MSF 00/02/00.

Un *index* este o partiție a unei piste. Zonele *Pre-Gap* sunt codificate cu o valoare a indexului egală cu 00. Zonele de pauză de la începutul pistelor audio sunt codificate de asemenea cu o valoare a indexului egală cu 00. Primul sector de informații a unui sector are un index egal cu 01. Sunt permise valori consecutive până la 99. Informațiile de index nu sunt memorate în tabela de conținut. Indexul este codificat în subcanalul *Q*. Nu toate sectoarele au informații de index (cerința este ca 9 din 10 sectoare să aibă codificată o valoare de index). Pentru un sector fără o valoare de index se presupune aceeași valoare cu cea a sectorului precedent.

Informațiile din subcanalele fiecărui sector (mai precis, din subcanalul Q) conțin adresa relativă a sectorului, indicând distanța față de primul sector de informație al pistei. Această valoare este negativă în zonele *Pre-Gap* și crește spre 0 în aceste zone.

2.3. Tipuri de discuri optice

2.3.1. Discul compact audio (CD-DA)

Primul disc compact audio a apărut în anul 1983. Discurile din prima generație aveau o durată de 60 minute. Ulterior, a fost posibilă înregistrarea a încă 4-5 mm de la marginea discului, durata maximă crescând la 74 minute. Există și discuri audio cu o durată de 80 minute sau mai mare; de obicei acestea sunt nestandard.

Standardul pentru discul compact audio a fost adoptat în anul 1982, specificațiile fiind cuprinse în documentul “*Red Book*”. Aceste specificații definesc caracteristicile și dimensiunea suportului, formatul datelor, codurile utilizate pentru detectarea și corectarea erorilor, viteza de rotație a discului etc. Majoritatea standardelor ulterioare se bazează pe specificațiile “*Red Book*” în ceea ce privește suportul și modul de citire al acestuia.

Informația de pe un disc CD audio este înregistrată pornind de la un fișier sursă audio, care este eșantionat pentru a fi convertit în format digital. Rata de eșantionare utilizată este de 44,1 KHz, care este aproximativ dublul frecvenței maxime audibile (în jur de 22 KHz). Se utilizează modulația în impulsuri (*Pulse Code Modulation* - PCM). Fiecare eșantion se reprezintă pe 16 biți, înregistrarea fiind stereo. Astfel, fiecare secundă de sunet necesită $44.100 * 2 * 2 = 176.400$ octeți de date.

Informațiile audio sunt organizate sub forma unor *cadre* de câte 24 de octeți, un număr de 98 de cadre formând un bloc sau *sector*. Un sector conține deci $98 * 24 = 2352$ octeți. Pentru fiecare secundă de sunet sunt necesare $176.400 / 2352 = 75$ sectoare. Capacitatea totală a unui disc audio de 74 minute este de $2352 * 75 * 74 * 60 = 783.216.000$ octeți, sau aproximativ 747 MB. Deci, pentru fiecare minut de sunet este necesar un spațiu de aproximativ 10 MB, dacă nu se utilizează compresia.

Utilizând programe speciale, este posibilă citirea datelor audio digitale direct de pe discurile audio, și memorarea acestora într-un fișier, de exemplu în formatul WAV. Nu toate unitățile CD-ROM permit însă citirea directă a datelor audio. Uneori motivele sunt tehnice, dar alteleori producătorii construiesc în mod intenționat unitățile astfel încât să nu fie posibilă extragerea datelor, pentru a se evita posibila violare a drepturilor de autor.

Discurile CD audio nu sunt întotdeauna produse într-un mod complet digital. Multe discuri au ca sursă o bandă analogică utilizată în trecut pentru înregistrări. Calitatea unui disc audio produs pe baza unei benzi analogice poate fi foarte bună. Un disc audio înregistrat, procesat și copiat digital nu este întotdeauna de o calitate mai ridicată față de un disc produs cu una sau două faze analogice de procesare.

Pentru a indica tipul fazelor de procesare, pentru înregistrări se utilizează un cod format din trei litere. Acestea reprezintă procesele de înregistrare, editare/mixare, respectiv de copiere. Există trei posibilități:

- DDD: disc audio complet digital;
- ADD: disc cu înregistrare analogică, cu editare (procesare) și copiere digitală;
- AAD: disc cu înregistrare și editare analogică, cu copiere digitală.

Multe discuri audio sunt marcate cu codurile ADD sau AAD. Ele nu sunt neapărat de calitate inferioară comparativ cu discurile DDD.

Pe lângă discul audio obișnuit, cu un diametru de 12 cm, există și o variantă de disc audio cu un diametru mai mic. Acesta este numit disc CD-3, fiind identic ca și mod de înregistrare cu discul audio obișnuit, având însă un diametru de 8 cm (3 inch). Permite înregistrarea a 20 de minute de muzică. Este cunoscut și sub numele de CD-Single, fiind utilizat mai ales la aparatele portabile. Un asemenea

disc poate fi citit de unitățile audio sau CD-ROM obișnuite. Există și discuri CD-3 CD-ROM, cu o capacitate de 180 MB.

2.3.2. CD-I (CD-Interactive)

Specificațiile pentru standardul CD-I au fost definite de *Philips* și *Sony* în documentul “*Green Book*”, publicat în 1986. Acest standard definește atât formatul discurilor CD-I, cât și un nou tip de unitate care le poate utiliza. Discurile CD-I sunt destinate electronicii de consum, conținând imagini video, grafică, animație, sunet, text și programe. Spre deosebire de o unitate CD-ROM, o unitate CD-I este un sistem independent care nu necesită un calculator extern. Această unitate se conectează direct la un aparat TV și la un sistem stereo.

Standardul “*Green Book*” definește câteva caracteristici ale aplicațiilor CD-I: interactivitatea, întrețeserea datelor și codificarea sunetului.

Interactivitatea permite utilizatorului să intervină în mod activ la desfășurarea aplicației respective.

Întrețeserea datelor permite combinarea pe aceeași pistă a sectoarelor care conțin informații înregistrate în moduri diferite. Pe discurile CD-ROM (“*Yellow Book*”) mixte, datele numerice și cele audio/video sunt înregistrate pe piste diferite. Sunetul nu poate fi redat simultan cu alte date (grafică, animație sau text) în mod direct, deoarece este necesar un timp suplimentar pentru poziționarea ansamblului optic pe o altă pistă. Redarea simultană se poate realiza prin:

- Încărcarea imaginilor în memorie și redarea ulterioară a sunetului;
- Scrierea prealabilă pe discul fix a informațiilor grafice și citirea acestora în timpul redării sunetului de pe discul CD-ROM.

Formatul sectoarelor pentru discurile CD-I are la bază *Modul 2* al discurilor CD-ROM. Acest mod este împărțit în două forme: *Forma 1* și *Forma 2*.

Forma 1 se utilizează pentru datele numerice, fiind similară cu *Modul 1* al discurilor CD-ROM, însă există un identificator suplimentar în antetul de sector (Figura 11.6).

Sincronizare	Antet	Sub-antet	Date	EDC	ECC
12 oct.	4 oct.	8 oct.	2048 oct.	4 oct.	276 oct.

Figura 11.6. *Forma 1, Modul 2* la discurile CD-I.

Cei 8 octeți cu valoarea 0 din cadrul sectorului CD-ROM, aflați între octeții EDC și ECC, sunt plasați imediat după octeții antetului, formând un *sub-antet* care se utilizează pentru identificarea tipului de sector (*Forma 1* sau *Forma 2*).

Forma 2 se utilizează pentru informații audio și video, fiind similară cu *Modul 2* al discurilor CD-ROM. Cei 276 octeți ai câmpului ECC sunt folosiți pentru înregistrarea datelor, astfel încât un sector conține 2324 octeți cu date utile (Figura 11.7).

Sincronizare	Antet	Sub-antet	Date	EDC
12 oct.	4 oct.	8 oct.	2324 oct.	4 oct.

Figura 11.7. *Forma 2, Modul 2* la discurile CD-I.

Sub-antetul conține informații ca: numărul fișierului, numărul canalului, un octet de *sub-mod* și informații de control.

Cele două tipuri de sectoare, de date și audio/video pot fi amplasate pe o singură pistă în *Modul 2*, în mod alternativ. Datele sunt înscrise în *Forma 1*, iar informațiile audio/video sunt înscrise în *Forma 2*. Această tehnică de întrețesere permite redarea sincronizată a imaginilor și a sunetelor. O unitate CD-ROM obișnuită, care citește discuri în modul mixt nu poate citi date în același timp cu redarea sunetelor, deoarece datele și informațiile audio se află pe piste diferite.

În timp ce pe discurile CD-ROM mixte și cele multimedia sunetul este înregistrat sub forma CD audio (“*Red Book*”) sau în fișiere MIDI, la discurile CD-I (și CD-ROM/XA) în *Modul 2, Forma 2* sunetul trebuie să fie comprimat, pentru a se asigura spațiu pentru câmpurile de sincronizare, antet și sub-antet, ca și pentru datele întreșesute din cadrul sectorului. Metoda de compresie utilizată se numește ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*). În această tehnică se înregistrează numai diferențele dintre eșantioanele digitale succesive, valorile propriu-zise ale eșantioanelor nefiind păstrate. Calitatea sunetului nu este atât de ridicată ca în cazul discurilor CD audio.

Standardul CD-I definește trei nivele de compresie a sunetului prin tehnica ADPCM:

- *Hi-Fi (A)*: 37.8 KHz, 8 biți, 2 canale stereo (4 mono);
- *Mid-Fi (B)*: 37.8 KHz, 4 biți, 4 canale stereo (8 mono);
- *Speech (C)*: 18.9 KHz, 4 biți, 8 canale stereo (16 mono).

Se poate utiliza și sunetul în formatul CD audio (PCM), dar nu este posibilă redarea simultană a acestuia cu imaginile sau textul. Datele audio în acest format trebuie înscrise pe o pistă separată.

Pistele în *Modul 2 Forma 2* nu sunt indicate în tabela de conținut a discului, ceea ce previne redarea acestor piste de către aparatele audio. În cazul existenței acestor piste, este necesar un hardware suplimentar pentru separarea informațiilor de sunet ADPCM și a datelor, decompimarea sunetului și transmiterea acestuia pentru redare. În același timp, datele video sunt transmise la aparatul TV.

Pentru codificarea imaginilor se utilizează diferite metode: *Delta YUV*, *CLUT (Color Look Up Table)*, *RLE (Run Length Encoding)*. Sunt prevăzute două planuri de afișare a imaginilor, astfel că se pot folosi efecte de suprapunere între imagini cu formate diferite. Sunt disponibile de asemenea diferite efecte speciale de trecere de la o imagine la alta.

Standardul CD-I definește un sistem complet hardware și software, care conține o unitate centrală de prelucrare, memorie, controlere pentru afișaj și ieșirea audio. Se utilizează sistemul de operare CD-RTOS (*CD Real Time Operating System*), derivat din OS-9, care gestionează fișierele aflate pe discul CD-I, cele aflate pe o memorie externă (CD, disc fix, dischetă), gestionează interfața cu utilizatorul și permite conectarea într-o rețea.

Un disc CD-I poate conține până la 72 de minute de imagini video (MPEG), 19 ore de sunet și 7.500 imagini statice. Sistemele CD-I nu s-au impus în măsura așteptată, fiind utilizate mai ales pentru jocuri video 3D și în instituții de învățământ. Aceste sisteme pot citi și discuri CD audio, CD-I Ready, Photo CD și Video CD. Există unități CD-ROM compatibile CD-I, dar multe unități mai vechi nu recunosc discurile CD-I.

2.3.3. CD-ROM/XA (CD-ROM Extended Architecture)

Standardul CD-ROM/XA este o extensie a standardului “*Yellow Book*” cu unele caracteristici din “*Green Book*”. Prima definire a acestuia s-a realizat de *Philips*, *Sony* și *Microsoft*, în 1989. După unele îmbunătățiri aduse, documentul final a fost publicat cu numele de “*Extended Yellow Book*”. Caracteristicile preluate din specificațiile CD-I sunt întreșeserea sunetului și a datelor, și compresia ADPCM a sunetului. S-a prevăzut un sistem de compresie MPEG (*Motion Picture Expert Group*) a imaginilor video. Nu este definit suportul hardware și nici sistemul de operare pentru aparatul de redare, ceea ce permite utilizarea discurilor CD-ROM/XA în diferite sisteme.

Formatele sectoarelor sunt aceleași cu cele definite în standardul “*Green Book*”. Discurile pot conține piste în *Modul 1* și *Modul 2* în ambele forme.

Utilizarea discurilor CD-ROM/XA necesită unități capabile să citească formatul CD-ROM/XA. Prin integrarea unei plăci în cititoarele CD-ROM/XA, sau utilizarea unui controler separat dotat cu un procesor digital de semnal (DSP), se asigură decompresia datelor în timp real. O asemenea unitate poate citi în plus discuri CD audio, CD-ROM și PhotoCD. În prezent, singurele unități total compatibile XA sunt cele produse de *Sony* și *IBM*. Unitățile *Sony* folosesc un circuit ADPCM montat în unitate. Unitățile *IBM XA* sunt destinate magistralei MCA și sunt utilizate în modelele avansate ale seriei PS/2.

Există unii producători care oferă o placă de interfață XA pentru unitățile CD-ROM obișnuite, astfel că prin utilizarea interfeței este posibilă citirea discurilor CD-ROM/XA.

Pot exista și unități CD-ROM *parțial compatibile* XA (XA-Ready). Aceste unități pot accepta date întrețesute (*Modul 1, Modul 2, Forma 1 și Forma 2*) și discuri multi-sesiune, dar nu au un decodor hardware inclus în unitate sau în controlerul acesteia.

2.3.4. Photo CD

Dezvoltat la începutul anilor '90 de *Kodak* și *Philips*, discul Photo CD este o implementare a specificațiilor CD-ROM/XA destinat pentru păstrarea imaginilor fotografice. Specificațiile discului Photo CD sunt definite în Partea a II-a a documentului "*Orange Book*". Acest disc utilizează *Modul 2 Forma 1* a arhitecturii CD-ROM/XA.

Kodak și *Philips* au dorit ca discurile Photo CD să poată fi utilizate atât cu o unitate conectată la calculator, cât și cu aparatele CD-I. Fotografiile pot fi vizualizate cu aparatele CD-I și unitățile dedicate Photo CD conectate la un aparat TV. Pentru vizualizarea fotografiilor se pot utiliza de asemenea unitățile CD-ROM/XA existente conectate la un calculator care rulează un program adecvat pentru discurile Photo CD.

Atunci când un film este trimis pentru a fi înscris pe un disc Photo CD, filmul este mai întâi dezvoltat în mod normal. Fotografiile dezvoltate și imprimate sunt apoi scanate și convertite în formă digitală de sistemul Photo CD, codificate în formatul Photo CD și înscrise pe un disc. Pentru scriere se utilizează tehnologia WORM (*Write Once Read Many*) utilizată și la discurile CD-R. Un asemenea disc poate fi înscris de utilizator, o singură dată. Nu este necesar însă ca întregul disc să fie înscris într-o singură sesiune. Proiectanții au dorit ca utilizatorii să poată înscrie noi fotografii pe un disc existent, pe măsură ce se dezvoltă noi role de film. Aceasta a necesitat modificări hardware ale unităților CD-ROM/XA pentru a se adăuga facilitatea de înregistrare *multi-sesiune*. În timpul fiecărei sesiuni, pe lângă informațiile propriu-zise, pe disc se înregistrează și o tabelă de conținut TOC (*Table of Contents*). La citirea discului, sistemul de operare va căuta ultima sesiune de pe disc și va citi tabela de conținut corespunzătoare. Intrările din această tabelă pot face referire la oricare fișier de pe disc, indiferent de sesiunea în care a fost scris fișierul respectiv.

Fotografiile înscrise pe disc în timpul primei sesiuni pot fi vizualizate cu orice unitate compatibilă Photo CD. Fotografiile înscrise în sesiunile ulterioare pot fi vizualizate numai cu unități multi-sesiune sau unități care se conformează specificațiilor din Partea a II-a a documentului "*Orange Book*".

2.3.5. Video CD

Specificațiile "*White Book*" definesc, pe lângă formatul discurilor CD-Bridge, un format pentru reprezentarea informațiilor video comprimate. Acest format este numit Video CD sau VCD. Prin utilizarea compresiei MPEG este posibilă înregistrarea a 74 minute de imagini video în același spațiu care este utilizat de discurile audio.

Discurile Video CD sunt cunoscute și sub numele de discuri *Karaoke*. Aceste discuri necesită fie o unitate Video CD. Fie o unitate CD-ROM compatibilă Video CD. Deoarece algoritmul de compresie utilizat, MPEG-1, nu este sofisticat, calitatea discurilor Video CD nu este foarte bună. În plus, titlurile Video CD sunt puține și au un cost relativ ridicat, ceea ce a determinat ca aceste discuri să nu fie foarte populare.

2.3.6. Discuri compact inscriptibile (CD-R)

Dezavantajul discurilor CD-ROM este faptul că reprezintă un suport de tip "*read-only*". În 1990, partea a II-a din standardul "*Orange Book*" publicat de *Philips* a specificat caracteristicile și formatul unui disc CD inscriptibil, CD-R (CD *Recordable*). CD-R este numit de asemenea CD-WORM (CD *Write Once Read Many*) sau CD-WO (CD *Write Once*).

Unitățile CD-R și suporturile utilizate de acestea permit crearea discurilor CD audio sau de date în diferite formate, care pot fi citite de majoritatea unităților audio sau CD-ROM, la un preț acceptabil.

Discurile CD-ROM și alte tipuri de discuri se bazează pe standardul original CD audio, modificând interpretarea datelor înregistrate. Spre deosebire de acestea, discurile CD-R definesc noi medii fizice și metode de înregistrare a acestora, continuând să utilizeze formatele standard definite în alte specificații.

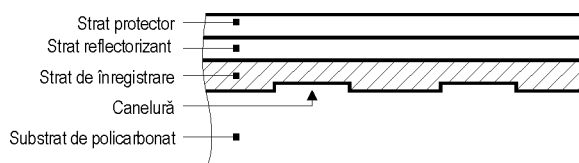


Figura 11.8. Secțiune printr-un disc CD-R.

Discurile CD-R sunt formate dintr-un substrat de policarbonat, ca și discurile CD obișnuite, peste care se aplică un strat special de înregistrare, bazat pe o vopsea fotosensibilă. Peste acest strat se aplică un strat reflectorizant de metal (un aliaj de aur sau argint), și în final un strat protector de plastic (Figura 11.8).

În locul gravării fizice a substratului, acesta este gravat cu o canelură în formă de spirală, similară cu spirala întâlnită la discurile CD obișnuite. Această canelură este utilizată de unitatea CD-R în timpul înregistrării pentru urmărirea căii de date de pe disc. Dacă discul ar fi complet neformatat, înscrerea pistelor spiralate ar reprezenta un proces foarte complex (pistele alăturate sunt la o distanță de numai $1,6 \mu\text{m}$). Pe lângă forma spiralată, canelura are o excursie (deviație) sinusoidală de $0,3 \mu\text{m}$ la o frecvență de $22,05 \text{ KHz}$ (Figura 11.9).

Frecvența excursiei sinusoidale este utilizată de unitatea de înregistrare pentru a controla viteza de rotație. Frecvența citită de pe disc este monitorizată în mod constant, iar viteza este ajustată pentru a menține frecvența exact la valoarea de $22,05 \text{ KHz}$.

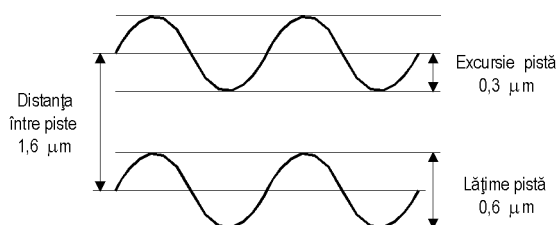


Figura 11.9. Structura canelurii spiralate preformate a discurilor CD-R.

Stratul de vopsea are proprietatea că se încălzește rapid la aproximativ 250°C și își schimbă compoziția chimică atunci când se dirijează asupra lui fasciculul unui laser de un anumit tip și intensitate. Ca rezultat, zonele cu o compoziție chimică modificată (zonele “arse”) vor reflecta într-o măsură mai mică lumina față de zonele asupra cărora nu s-a aplicat fasciculul laser. Discul este format din zone arse și nearse, la fel cum un disc CD obișnuit este format din cavități și suprafețe. Rezultatul este că suportul CD-R va putea fi citit de unitățile CD audio și CD-ROM.

Deoarece suportul este modificat fizic printr-un proces chimic și de încălzire, modificarea este permanentă și ireversibilă. Anumite unități permit ca o parte a informațiilor să se înregistreze într-o sesiune, iar o altă parte să se înregistreze ulterior, într-o altă sesiune. Aceasta se numește înregistrare *multi-sesiune*, și necesită o unitate capabilă să recunoască discurile multi-sesiune.

Comparativ cu discurile standard, discurile CD-R au o zonă suplimentară de date aflată înaintea zonei “lead-in”. Această zonă suplimentară este utilizată pentru memorarea datelor specifice procesului de înregistrare, și este împărțită în două părți:

- *Zona de memorare a programului (Program Memory Area - PMA)*, care conține numerele pistelor pentru titlurile înregistrate și pozițiile lor de început și de sfârșit.
- *Zona de calibrare a puterii (Power Calibration Area - PCA)*, care este utilizată de unitate pentru calibrarea energiei necesare a laserului cu ajutorul unei scurte înregistrări de încercare. Aceasta se numește *calibrarea optimă a puterii (Optimum Power Calibration - OPC)* și este necesară pentru a permite toleranțe de producție între diferite discuri, variații de temperatură etc. În timpul înregistrării, energia necesară a laserului este optimizată în permanență prin executarea unor operații OPC, pentru a compensa efectul prafului, a zgârieturilor și a altor variații posibile de pe suprafața discului.

Figura 11.10 prezintă structura unui disc CD-R înregistrat parțial.

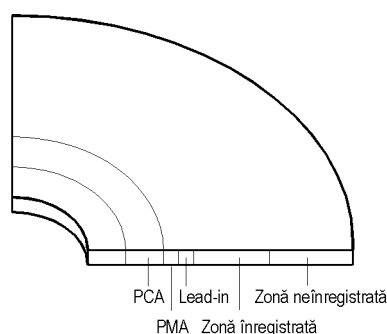


Figura 11.10. Structura unui disc CD-R înregistrat parțial.

Discurile CD-R au în general o durată de 74 minute (audio) sau o capacitate de aproximativ 650 MB. Există anumite discuri cu o capacitate mai mică, și altele cu o capacitate mai mare.

2.3.7. Discuri compact reinscriptibile (CD-RW)

Discurile inscriptibile au dezavantajul că fiecare disc poate fi înscris o singură dată. O tehnologie mai nouă permite ca discurile să fie înscrise și rescrise. Aceste discuri se numesc discuri CD reinscriptibile, CD-RW (CD *ReWriteable*) sau CD-E (CD *Erasable*). Specificațiile pentru această tehnologie sunt definite în Partea a III-a a standardului “Orange Book”.

Suportul fizic al discurilor CD-RW este similar cu cel al discurilor CD-R. Stratul de înregistrare este însă diferit. Dezavantajul discurilor CD-R este că stratul de vopsea utilizat este modificat în mod permanent în timpul procesului de scriere, ceea ce împiedică rescrierea discului. În cazul suportului CD-RW această vopsea este înlocuită cu un strat special cu schimbare de fază, format dintr-un compus chimic specific care își poate schimba starea atunci când i se aplică o anumită energie, și poate de asemenea reveni în starea inițială.

Materialul utilizat la discurile CD-RW are proprietatea că atunci când este încălzit la o anumită temperatură și apoi este răcit, se va cristaliza, iar atunci când este încălzit la o temperatură mai ridicată, va forma o structură non-cristalină. (Numeroase metale au această proprietate; diferitele tipuri de oțeluri sunt create prin încălzire și răcire controlată pentru a modifica structura internă a acestora.)

Atunci când materialul este cristalizat, va reflecta o cantitate mai mare de lumină decât atunci când este amorf. În starea cristalizată, materialul are rolul unei suprafețe, iar în starea amorfă are rolul unei cavități de la discurile CD obișnuite. Prin utilizarea a două setări diferite a puterii laserului, este posibilă schimbarea stării materialului, permițându-se rescrierea discului. Codificarea datelor pe disc este realizată de schimbarea de fază din diferitele puncte de pe spirala discului. Spirala și celelalte structuri sunt la fel cu cele ale discurilor CD-R.

Suportul discurilor CD-RW are un dezavantaj important: datorită gradului de reflexie mai redus al suportului, acesta nu emulează cavitățile și suprafețele unui disc CD obișnuit la fel de bine ca stratul de vopsea al discurilor CD-R. De aceea, discurile CD-RW nu sunt compatibile cu unitățile CD-ROM

obișnuite, deci nu pot fi citite de acestea. De asemenea, faptul că ele sunt înscrise de mai multe ori înseamnă că ele sunt discuri multi-sesiune prin definiție, și astfel nu sunt compatibile cu unitățile care nu sunt multi-sesiune.

Înregistrarea

La discurile CD-RW, stratul de înregistrare este format dintr-un aliaj de argint, indiu, stibiu și telurii (*Ag-In-Sb-Te*). În starea sa inițială, acest strat are o structură policristalină. În timpul procesului de înregistrare, fasciculul laser sub formă de impulsuri încălzește în mod selectiv mici zone ale materialului cu schimbare de fază la o temperatură deasupra punctului de topire (500 - 700 °C). Pentru scriere, puterea laserului utilizat este între 8 și 14 mW.

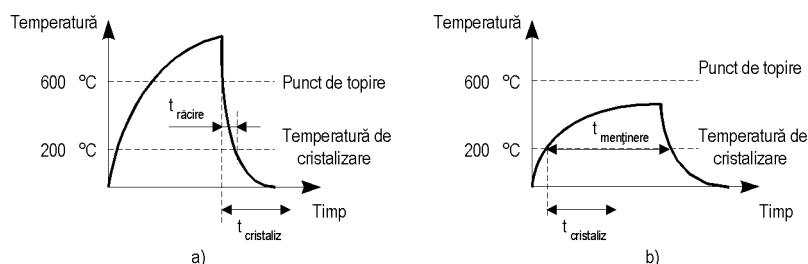


Figura 11.11. Procesele de înregistrare (a) și de ștergere (b) ale unui disc CD-RW.

Energia furnizată de fasciculul laser topește cristalele din zonele încălzite, care ajung într-o fază amorfă (cavități), având un grad de reflexie mult mai mic decât zonele cristaline rămase (suprafețe). În cazul răcirii suficient de rapide, caracteristicile fizice ale stării amorfe sunt menținute (Figura 11.11 a).

Ștergerea

Ștergerea unui disc CD-RW este realizată prin readucerea materialului din stratul de înregistrare care se află în starea amorfă înapoi în starea cristalină. Aceasta se realizează printr-un proces de călire, constând din încălzirea stratului la o temperatură aflată sub punctul de topire, dar deasupra temperaturii de cristalizare (în jur de 200 °C), și menținerea acestei temperaturi pentru un timp suficient (mai mare decât timpul minim de cristalizare). Discul este readus astfel în starea sa inițială, neînregistrată (Figura 11.11 b).

Este posibilă o ștergere mai rapidă, permițând ștergerea ultimei piste înregistrate prin simpla ștergere a referinței la pista respectivă, datele înregistrate nefiind modificate.

Rescrierea

O rescriere directă se poate obține prin combinarea tehnicilor de scriere și de ștergere. În acest caz, sunt create noi cavități în stratul de înregistrare utilizând același fascicul laser sub formă de impulsuri ca și la procesul standard de scriere. În zonele dintre noile cavități înregistrate se utilizează însă un fascicul laser constant, de putere mai mică, pentru a crea noi zone cristaline (suprafețe). Se va obține astfel o rescriere completă a datelor existente anterior în zonele respective. Acest proces poate fi repetat de mai multe mii de ori (specificațiile “Orange Book” indică un număr de cel puțin 1000 de rescrieri).

2.4. Interfața ATAPI

2.4.1. Prezentare generală a interfeței ATAPI

Scopul realizării interfeței ATAPI (*ATA Packet Interface*) este de a se pune la dispoziție o interfață mai extensibilă și mai generală decât interfața ATA. Unul din dezavantajele interfeței ATA este că a fost proiectată numai pentru unități de discuri. Pe măsura răspândirii discurilor CD-ROM și a uni-

tăților încasate de bandă, s-a pus problema utilizării aceleiași interfețe pentru acestea. Din acest motiv, la propunerea firmei *Western Digital*, comitetul SFF (*Small Form Factory*) a elaborat specificațiile ATAPI, prin care se permite conectarea directă a acestor dispozitive la un port obișnuit ATA/IDE. Specificațiile au fost preluate apoi de grupul de lucru X3T10, care funcționează ca o comisie acreditată pentru standardizare (ASC - *Accredited Standards Committee*) în cadrul ANSI. Standardul a fost publicat în 1994.

Dispozitivele ATAPI vor utiliza aceleași semnale care sunt specificate în standardul ATA. Deși pentru conectarea unei unități CD-ROM prin interfața ATAPI se utilizează același hardware, interfața logică diferă într-o oarecare măsură și are posibilități suplimentare. Standardul ATAPI descrie un protocol de comenzi care este diferit de cel utilizat de interfața ATA, fiind derivat din setul de comenzi al interfeței SCSI-2. Motivul pentru care este utilizat un alt protocol este că setul de comenzi și de registre ATA nu este adecvat pentru unele comenzi CD-ROM. Unitățile de discuri conectate prin interfața ATA utilizează pentru comunicația cu calculatorul opt registre, care conțin comanda și toți parametrii necesari pentru o operație. Aceste registre nu sunt însă suficiente pentru transmiterea tuturor informațiilor necesare controlului altor tipuri de periferice. Pentru a elimina acest dezavantaj, comenzile pentru dispozitivele ATAPI sunt transmise sub forma unei structuri numite *pachet de comenzi* (*Command Packet*), în plus față de utilizarea protocolului ATA obișnuit. Aceste comenzi completează comenzile ATA existente.

Pentru transmiterea unui pachet la un dispozitiv a fost adăugată o nouă comandă (ATAPI *Packet Command*). Pachetul este transmis prin scrieri repetate în registrul de date. Această tehnică reduce numărul adreselor necesare pentru registre. Deși toate comenzile pentru unitățile CD-ROM pot fi transmise în acest mod, aceste unități trebuie să accepte și unele din comenzile ATA existente, ca și întregul protocol de comenzi ATA, pentru ca modificările driverelor existente să fie minime. Acest set minimal de comenzi ATA este mai redus decât cel minimal definit de ATA, dar este suficient pentru operarea normală.

Pe de altă parte, unitățile CD-ROM ATAPI nu vor răspunde la comenzile *IDENTIFY DRIVE* sau *READ* ale ATA, ceea ce permite ca BIOS-ul și unele drivere mai vechi să nu recunoască existența unității CD-ROM și să nu confunde datele acestei unități cu cele ale discurilor fixe. Comenzile nerecunoscute nu vor fi executate, generându-se o întrerupere pentru a indica terminarea comenzii respective cu o stare de eroare.

Pentru identificarea unui dispozitiv ATAPI s-a prevăzut comanda *ATAPI IDENTIFY DRIVE*, informațiile returnate de această comandă fiind utilizate de driverele de nivel inferior pentru configurarea hardware a interfeței ATA. Aceste informații au aceeași structură cu cele ale comenzii *IDENTIFY DRIVE* a standardului ATA, din motive de compatibilitate.

Deci, deși unitățile CD-ROM ATAPI utilizează interfața pentru discurile fixe, din punct de vedere software ele sunt diferite, iar controlerele inteligente care nu sunt de tip ATAPI nu funcționează cu aceste unități. Aceasta înseamnă de asemenea că, în afara unor tipuri noi de BIOS, sistemul nu se poate încărca de pe o unitate CD-ROM ATAPI, și este necesar un driver pentru utilizarea acestor unități sub sistemele de operare DOS sau *Windows 3.x*. Sistemele de operare *Windows 95/98/2000* dispun de propriul driver intern pentru interfața ATAPI.

2.4.2. Registrele interfeței ATAPI

Comunicația cu dispozitivele periferice se realizează prin registrele de I/E. Cu excepția registrului de date, toate registrele ATAPI sunt accesate prin operații de citire și scriere pe 8 biți. Registrul de date este accesat întotdeauna ca un cuvânt de 16 biți. Se prezintă în Tabelul 11.2 funcțiile registrelor și adresele lor pentru canalul primar. Pentru canalul secundar, adresele sunt 170h-177h și 376h-377h.

Tabelul 11.2. *Registreele canalului primar al interfeței ATAPI.*

Selecție					Adresa	Funcție	
-CS0	-CS1	DA2	DA1	DA0		Citire (-IOR)	Sciere (-IOW)
Registre bloc de comandă							
0	1	0	0	0	1F0h	Date (16 biți)	
0	1	0	0	1	1F1h	Eroare	Caracteristici
0	1	0	1	0	1F2h	Identificare întrerupere	Neutilizat
0	1	0	1	1	1F3h	Rezervat	
0	1	1	0	0	1F4h	Contor de octeți (biți 7-0)	
0	1	1	0	1	1F5h	Contor de octeți (biți 15-8)	
0	1	1	1	0	1F6h	Selecție unitate	
0	1	1	1	1	1F7h	Stare ATAPI	Comandă ATA
Registre bloc de control							
1	0	1	1	0	3F6h	Stare alternativă ATAPI	Control dispozitiv
1	0	1	1	1	3F7h	Neutilizat	Neutilizat

2.4.3. Comenzi ATAPI

O comandă ATAPI este transmisă dispozitivului ATAPI prin intermediul unui pachet. Pentru unele comenzi, pachetul este urmat de o listă de parametri transmiși după generarea unei întreruperi în urma transmiterii pachetului de comandă. Primul octet al pachetului conține întotdeauna un cod de operație.

Comenzile ATAPI pentru unitățile CD-ROM sunt derivate din setul de comenzi SCSI. Cu excepția tehnicii de adresare MSF, interfața utilizează adresarea logică pentru toate blocurile de date. Fiecare dispozitiv poate fi interogată pentru a determina numărul de blocuri pe care le conține.

În Tabelul 11.3 se prezintă lista comenzilor ATAPI pentru unitățile CD-ROM.

Tabelul 11.3. *Comenzile ATAPI pentru unitățile CD-ROM.*

Comandă	Cod operație	Tip
INQUIRY	12h	M
LOAD/UNLOAD CD	A6h	O
MECHANISM STATUS	BDh	M
MODE SELECT (10)	55h	M
MODE SENSE (10)	5Ah	M
PAUSE/RESUME	4Bh	O
PLAY AUDIO (10)	45h	O
PLAY AUDIO (MSF)	47h	O
PLAY CD	BCh	O
PREVENT/ALLOW MEDIUM REMOVAL	1Eh	M
READ (10)	28h	M
READ (12)	A8h	M
READ CR-ROM CAPACITY	25h	M
READ CD	BEh	M
READ CD MSF	B9h	M

Comandă	Cod operație	Tip
READ HEADER	44h	M
READ SUB-CHANNEL	42h	M
READ TOC	43h	M
REQUEST SENSE	03h	M
SCAN	BAh	O
SEEK	2Bh	M
SET CD SPEED	BBh	O
STOP PLAY/SCAN	4Eh	M
START STOP UNIT	1Bh	M
TEST UNIT READY	00h	M
M: Implementarea comenzii este obligatorie. O: Implementarea comenzii este opțională.		

3. Desfășurarea lucrării

3.1. Utilizând documentația pentru extensiile CD-ROM ale sistemului MS-DOS (fișierul MSCDEX21.DOC), se va scrie un program pentru citirea capacității înregistrate a unui disc CD-ROM de date. Se verifică rezultatul prin comparare cu capacitatea indicată de sistemul de operare.

3.2. Se va scrie un program pentru citirea tabelii de conținut a unui disc audio. Se introduce un disc audio și se verifică programul, memorând adresa MSF de început a fiecărei piste. Se execută apoi comanda *PLAY AUDIO* pentru o anumită pistă.