

Lepszy dźwięk, więcej możliwości, zgodność z poprzednikiem

Na początku lat 80., gdy Philips i Sony wspólnie wprowadzali na rynek płytę kompaktową, modulacja impulsowo-kodowa miała za sobą dopiero krótki okres praktycznych zastosowań. Modulację tę opracowała japońska sieć telewizyjna NHK w roku 1967.

Od chwili pierwszej prezentacji płyty CD, dokonywano znacznych ulepszeń rozmaitych szczegółów technicznych, aż w końcu zsumowały się one w nowy produkt o nazwie Super Audio CD. Płyta Super Audio CD ma dokładnie taki sam wygląd, jak zwykła płyta CD. Nie można dostrzec nie uzbrojonym okiem tego, że jest to hybrydowa konstrukcja wielowarstwowa, dostarczająca wiele nowych możliwości (patrz **rys. 1**).

Konwencjonalna warstwa odbijająca (ang. Standard Reflective Layer, SRL), która jest stosowana w zwykłych płytach CD, jest w pełni kompatybilna ze specyfikacjami zawartymi w "Czerwonej Księdze". Odczytywanie zawartości tej warstwy odbywa się poprzez drugą warstwę, półprzezroczystą.

Warstwa półprzezroczysta (ang. Semi-Transmissive Layer, STL) płyty Super Audio CD może zmieścić 4,7 GB informacji. Liczba ta przekłada się na dwa zestawy nagrań muzycznych z zapisem DSD, każdy trwający po 74 minuty: 2-kanalowy oraz 6-kanalowy. Opracowana przez Philipsa bezstratna modulacja *Direct Stream Transfer* zapewnia najwyższą jakość dźwięku. Obydwie warstwy odczytywane są z tej samej strony płyty. Standardowy odtwarzacz CD z laserem 780 nm odczytuje głębiej położoną warstwę odbijającą SRL poprzez warstwę STL, która jest przezroczysta dla tej długości fali świetlnej. Natomiast odtwarzacz Super Audio CD, wyposażony w laser 650 nm, odczytuje warstwę STL, która jest dla tej fali całkowicie odbijająca.

Technologia hybrydowej płyty to wszystko, co trzeba było wykonać, aby uniknąć konieczności dublowania standardów płyt: tłoczenia oddzielnych krążków dla zapisu standardowego i dla zapisu o dużej gęstości.

Nowe możliwości

W porównaniu z CD, płyty Super Audio CD wyróżniają się kilkoma dodatkowymi cechami.

Są „kanapką”, utworzoną z dwóch niezależnych nośników danych. Dzięki temu rozwiązaniu są w pełni kompatybilne z istniejącymi odtwarzaczami CD. Jest to korzystne zarówno dla sprzedawców jak i dla klientów: jak już wspomnieliśmy wyżej, nie ma konieczności dublowania zasobów płyt.

Sygnal z jednej warstwy jest obrabiany w technologii *Super Bit Mapping Direct* (SBMD). Wytwarza ona zakodowany sygnał audio DSD (ang. Direct Stream Digital), który polepsza jakość odtwarzania nawet przez standardowe odtwarzacze CD. Przyczyną poprawy jakości jest optymalne wykorzystanie 16-bitowej rozdzielczości modulacji impulsowo-kodowej (PCM). Technologia SBMD zapewniła wiarygodność odczytu ostatniego bitu w słowie, z czym do tej pory były problemy.

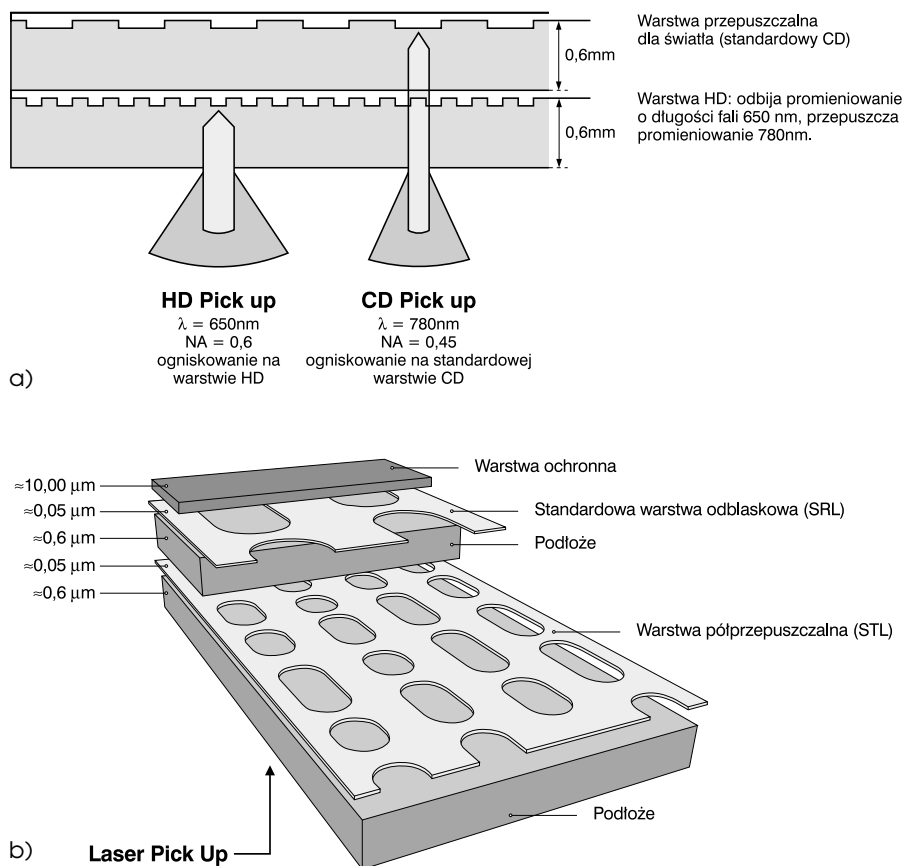
Dodatkowe dane na drugiej warstwie są obrabiane w technologii DSD: cyfrowy sygnał audio podlega próbkowaniu z częstotliwością 2,8224 MHz, a następnie przetworzeniu w sygnał 1-bitowy. Zwykle odtwarzacze CD stosują 16-bitową technologię PCM.

Cyfrowy zapis na drugiej warstwie podlega kompresji metodą *Direct Stream Transfer*. Kompresja dotyczy wszystkich składników zapisu: nagrania 2-kanalowego, nagrania 6-kanalowego, tekstu oraz grafiki. W praktyce stopień kompresji wynosi około 50%.

Cyfrowy „znak wodny” w dużym stopniu utrudnia nielegalne kopiowanie płyt, gdyż zawiera oznakowania zarówno widoczne, jak i niewidoczne.

Metoda *Direct Stream Digital* (DSD)

Od chwili wynalezienia płyty CD podwyższona została maksymalna częstotliwość, z jaką można dokonywać próbkowania sygnału, a także rozdzielczość. Mimo tego jakość odtwarzanego dźwięku prawie wcale się nie poprawiła.



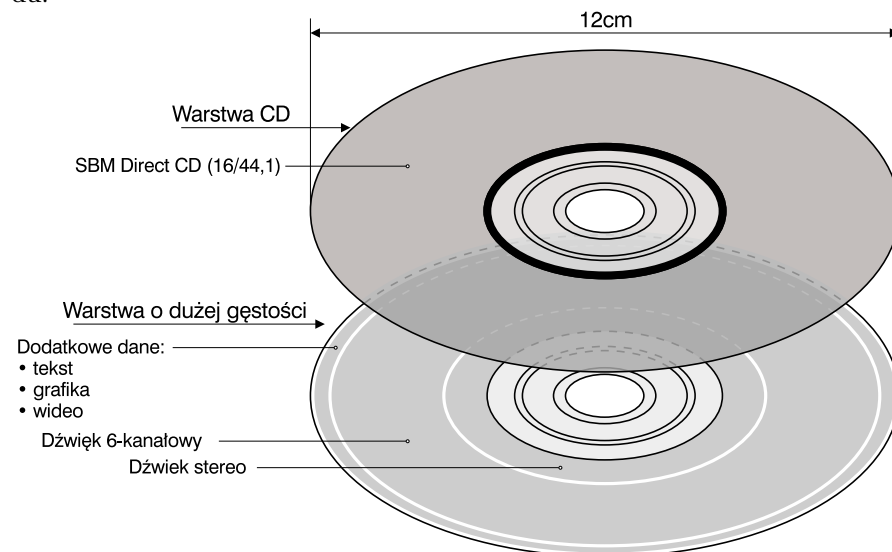
Rys. 1. Płyta Super Audio CD jest podobna do CD, lecz zawiera dodatkową warstwę z zapisem o dużej gęstości. Obydwie warstwy są odczytywane z tej samej strony. Laser CD odczytuje warstwę odbijającą (ang. Standard Reflective Layer, SRL) poprzez warstwę półprzezroczystą (ang. Semi-Transmissive Layer, STL).

wiła. Dzieje się tak z powodu braku zmian w podstawowej koncepcji systemu CD. Jednym z najważniejszych ograniczeń są filtry. Muszą przepuszczać sygnały do 20 kHz (choć 98% ludzi nie słyszy tej częstotliwości) i tłumić wszystkie sygnały powyżej 22,05 kHz.

Opracowano kilka sposobów realizacji tych wymagań, między innymi nadpróbkowanie (oversampling). Efekt tych wysiłków jest jednak mizerny. W większości nagrywających systemów PCM analogowe sygnały próbkowane są przez konwerter sigma-delta z 64-krotnym nadmiarem. Sformułowanie to oznacza, że częstotliwość próbkowania wynosi 2,8224 MHz. Wytworzony strumień 1-bitowych sygnałów jest następnie przetwarzany na kod PCM.

W technologii *Direct Stream Digital* (DSD) strumień 1-bitowy stosowany jest bezpośrednio, czyli nie jest zamieniany na postać PCM.

Konwerter sigma-delta charakteryzuje się względnie wysokim poziomem szumów, które w większości są usuwane przez filtr piątego rzędu.



Rys. 2. Konstrukcja płyty Super Audio CD. Laser znajduje się pod płytą i świeci do góry. Detektor światła laserowego w zwykłym odtwarzaczu CD "nie widzi" warstwy półprzezroczystej.

Współczesne magnetofony nagrywające w przemyśle muzycznym mają pasmo przenoszenia do 50kHz przy prędkości taśmy 30 cali/s. Technologia DSD pozwala zapisywać sygnały od prądu stałego aż do 100 kHz, przy zachowaniu zakresu dynamiki w pasmie akustycznym do ponad 120 dB. Krytycy muzyczni oceniają dźwięk z systemów DSD jako „odprężony, muzykalny, analityczny i przejrzysty, dający o wiele większe poczucie przestrzeni wokół każdego instrumentu i głosu.”

Metoda kodowania Direct Stream Transfer

Obydwa zapisy DSD: 2-kanalowy i 6-kanalowy polegają na bezstratnej metodzie kodowania o nazwie *Direct Stream Transfer* (DST). Tego rodzaju metody są też używane w komputerach, przykładem jest protokół kompresji ZIP.

Zmniejszają (kompresują, redukują) one strumień danych bez utraty nawet pojedynczego bitu. Algorytm, który zastosowano w Super Audio CD, zapewnia redukcję o około 50%. Inne metody kompresji, w których ignorowane są bity redundancyjne (jak MPEG-2 lub AC-3), pozwalają na dużo większy stopień redukcji. Ceną za zwiększenie stopnia redukcji jest większa różnica między sygnałem oryginalnym (przed zakodowaniem) a sygnałem rozkodowanym.

Konwersja Super Bit Mapping

Sygnal z płyt Super Audio CD przetwarzany jest metodą DSD. Dla porównania: sygnał ze zwykłej płyty CD jest transferowany z metody DSD za pomocą bezpośredniej konwersji w dół o nazwie *Super Bit Mapping*. Strumień 1-bitowych sygnałów z 64-krotnym nadmiarem jest przetwarzany w strumienie słów 16-bitowych o zwyczajnej częstotliwości próbkowania. Oczywiście, utrata danych podczas konwersji musi być możliwie mała. Do tego celu firma Sony opracowała procesory SBM, które zapewniają uzyskanie rozdzielczości od 20 do 24 bitów z 16-bitowego sygnału.

Następna generacja

Następna generacja odtwarzaczy CD, czyli Super Audio CD, to urządzenia wyposażone w laser 650 nm, którego światło całkowicie odbija się od półprzezroczystej warstwy z zapisem o dużej gęstości. Użytkownik nowego odtwarzacza będzie miał do wyboru 2-kanalowy dźwięk o najwyższej jakości, 6-kanalową wersję tego samego dzieła, ponadto tekst: nazwę płyty, nazwisko wykonawcy, tytuł utworu, treść piosenki i informacje dodatkowe, a także grafikę.

Ponadto, pasmo przenoszenia częstotliwości od 0 Hz do 100 kHz (dla porównania: system CD od 20 Hz do 20 kHz) i zakres dynamiki 120 dB (CD: nie więcej niż 94 dB).

Ochrona przed piratami

Zarówno producenci jak i użytkownicy wielką uwagę zwracają na zlikwidowanie nielegalnego kopiowania płyt CD. *Copy Management System* (CMS) ogranicza działalność przestępców-amatorów, lecz nie powstrzymuje profesjonalistów od produ-

	Standard CD	Super Audio CD
Średnica	120 mm (4,75")	120 mm (4,75")
Grubość	1,2 mm	1,2 mm
Początek danych na promieniu	25 mm	25 mm
Koniec danych na promieniu	116 mm	116 mm
Kierunek wirowania płyty (w stosunku do lasera)	lewy	lewy
Prędkość obrotowa	500-200 obr/min	500-200 obr/min
Liczba warstw	1	2
Pojemność	780 Mbajtów	4,7 Gbajtów
Szerokość pitu	0,6 μm	
Długość pitu	0,833-3,054 μm	0,40 μm (min)
Długość landu	0,833-3,054 μm	0,40 μm (min)
Głębokość pitu	0,12 μm	0,12 μm
Odstęp między ścieżkami	1,6 μm	0,74 μm
Długość fali lasera	780 nm	650 nm
Apertura numeryczna obiektywu lasera	0,45	0,60
Kodowanie:		
Standardowa warstwa refleksyjna	16-bitowe PCM	16-bitowe PCM
Częstotliwość próbkowania	44,1 kHz	44,1 kHz
Warstwa półprzezroczysta	1-bitowe DSD	
Częstotliwość próbkowania	2,8224 MHz	
Liczba kanałów	2 kanały	6 kanałów
Pasma częstotliwości	5-20000 Hz	0-100000 Hz (DSD)
Zakres dynamiki	94 dB	120 dB
Czas nagrania	74 min	74 min
Funkcje dodatkowe	tekst	tekst, grafika, wideo

kowania wielkich ilości nielegalnych kopii.

Super Audio CD zawiera mocniejsze zabezpieczenia. Pierwszym jest cyfrowy znak wodny: wzór ułożony z pitów (zagłębień) na stronie sygnałowej za pomocą metody *Pit Signal Processing* (PSP). Wzór jest widoczny dla użytkownika, lecz może być wykonany tylko przez producenta płyty przy użyciu skomplikowanych metod. Nie trzeba dodawać, że usunięcie wzoru jest niemożliwe, nawet przez autoryzowanego producenta.

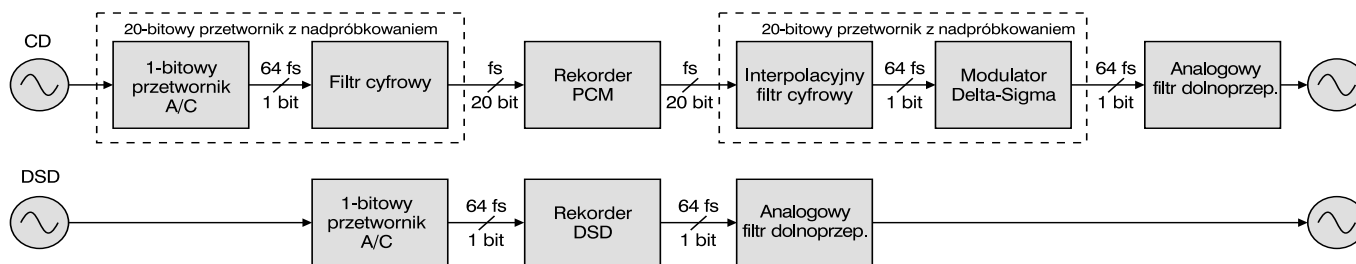
Ponadto, na płytę są nanoszone mniej widoczne oznakowania, jak kody paskowe oraz niewidoczne i nieusuwalne dane w strumieniu danych.

Wymienione środki nie powodują całkowitego braku możliwości kopiowania płyt CD, lecz przynajmniej umożliwią nam, użytkownikom, uzyskanie pewności, że nie jesteśmy oszukiwani przez przestępców, gdy upewnimy się, że kupujemy płyty mające wszystkie oznakowania.

EE

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Elektor Electronics".

Editorial items appearing on pages 23..25 are the copyright property of (C) Segment B.V., the Netherlands, 1998 which reserves all rights.



Rys. 3. W technologii PCM (dla CD) filtry są konieczne do nagrywania i do odtwarzania dźwięku. W technologii DSD (Super Audio CD) filtry wejściowe są zbędne; używane są oryginalne dane 1-bitowe.