



Technika audio

Kompendium wiedzy na temat systemów audio. Od podstaw technicznych do porównania konkretnych urządzeń w typowych zastosowaniach.

Kompendium wiedzy na temat systemów audio. Od podstaw technicznych do porównania konkretnych urządzeń w typowych zastosowaniach.

O wzmacniaczach cz. I

Każdy sygnał muzyczny, jeżeli chcemy go słuchać przez głośniki, musi być wzmocniony. Wzmocnienie odbywa się we wzmacniaczach mocy, których parametry w znacznym stopniu decydują o jakości dźwięku wydobywającego się z kolumn. Każdy wzmacniacz składa się z wzmacniacza mocy, do którego podłączamy kolumny i przedwzmacniacza, który ma za zadanie regulację głośności, możliwość przełączenia kilku źródeł i (lub) korekcję wzmacnianego sygnału. Najprostszym przedwzmacniaczem jest przedwzmacniacz bierny, czyli po prostu potencjometr. Jeżeli wzmacniacz mocy i przedwzmacniacz są w oddzielnych obudowach, to mówimy że mamy wzmacniacz dzielony. Jeżeli są w jednej obudowie, to mamy wzmacniacz zintegrowany, popularnie zwany "integrawą". Wiele wzmacniaczy ma wbudowany tuner radiowy. Urządzenia takie nazywamy "amplitunerem"

Przedwzmacniacz.

Jak wspomniałem, wystarczy wzmacniacz mocy i potencjometr, by móc regulować głośność słuchanej muzyki. Wiele firm, które produkują wzmacniacze dzielone, proponuje takie rozwiązanie. Jeżeli chcemy słuchać muzyki z dużą wiernością, używając tylko odtwarzacza CD, (który ma wysoki sygnał wyjściowy 2V i niską impedancję wyjścia), jest to najtańsza z możliwych propozycji posiadania za stosunkowo niedużą kwotę wzmacniacza wysokiej jakości. Ale jeżeli mamy kilka źródeł dźwięku, chcemy mieć możliwość pewnych regulacji brzmienia zestawu i pragniemy wygody (pilot), musimy dokupić do wzmacniacza mocy przedwzmacniacz, lub kupić wzmacniacz zintegrowany.

Przedwzmacniacze powinny mieć bardzo dobre parametry elektryczne, bowiem przez niego przepływają bardzo małe sygnały do wzmocnienia we wzmacniaczu mocy. Przedwzmacniacz spełnia kilka funkcji:

- umożliwia przyłączenie na stałe kilka źródeł audycji,
- umożliwia łatwe przełączanie źródła za pomocą przełącznika lub pilota zdalnego sterowania,

- wzmacnia, lub dopasowuje sygnał tak, by mógł być wzmocniony we wzmacniaczu mocy bez strat i zniekształceń,
- zawiera regulator wzmocnienia którym regulujemy, za pomocą gałki lub pilota, głośność słuchanej audycji,

Ponadto przedwzmacniacz może zawierać różne filtry i korektory służące do regulowania barwy dźwięku albo do osłabiania zakłóceń. Filtry i regulatory w wysokiej klasy sprzęcie nie zawsze są stosowane.

Korektory.

Jednym z najczęściej spotykanych korektorów jest *korektor RIAA* na wejściu gramofonowym przedwzmacniacza. Przetworniki (wkładki) gramofonowe magnetoelektryczne (MM) i elektromagnetyczne (MC) należą do przetworników prędkościowych, czyli takich, w których napięcie wyjściowe zależy od prędkości zmian strumienia magnetycznego. Wartość napięcia jest więc zależna od prędkości z jaką drga igła gramofonu, czyli im wyższa częstotliwość drgań igły tym wyższe napięcie. Powoduje to uwypuklenie tonów wysokich.

Aby charakterystyka odtwarzania była liniowa, stosowane są *układy korekcyjne*, których działanie polega na zmniejszeniu wzmocnienia przy wzroście częstotliwości sygnału, według krzywej określonej normami RIAA (Record Industry Association of America).

Ponadto przedwzmacniacze gramofonowe mogą mieć wbudowany **filtr antywibracyjny i szumów**. Podczas odczytu-zapisu płyt gramofonowych vibracje napędu gramofonu przenoszą się na wkładkę adapterową i pojawiają się w sygnale w postaci zakłócających drgań o bardzo małej częstotliwości. dlatego stosuje się górnoprzepustowy filtr antywibracyjny o częstotliwości granicznej 40 - 80 Hz.

Filtr szumów służy do tłumienia szumów towarzyszących zużytej płycie gramofonowej, szumu kasety magnetofonowej lub audycji radiowej. Włączając filtr który obetnie część składowych sygnału o większych częstotliwościach akustycznych, można znacznie polepszyć jakość odsłuchu.

Korektor prezencyjny. Jeżeli słaba jest zrozumiałość mowy lub głosów solistów, stosuje się filtr, który "podbija" częstotliwości w zakresie 1000 - 5000 Hz. Zakres regulacji wynosi 0 - 12 dB.

Fizjologiczny regulator wzmocnienia. Czułość słuchu dla dźwięku o różnej wysokości jest różna. Jeżeli słuchamy audycji cicho, to zmieni się barwa dźwięku na skutek znacznej redukcji tonów najwyższych i najniższych. Stosuje się wtedy filtr który zapobiega osłabieniu sygnału o częstotliwościach najmniejszych i najwyższych. Jest to układ często spotykany, szczególnie we wzmacniaczach tzw. "budżetowych". Włącza się go przyciskiem oznaczonym "Loudness" lub "Contour".

Filtry ograniczające. Stosuje się je aby ograniczyć przedostawanie się do wzmacniacza mocy zakłócenia leżące poza pasmem akustycznym. Do tego rodzaju zakłóceń zaliczamy częstotliwość pilotującą sygnału stereofonicznego audycji radiowej o częstotliwości 19 kHz,

składowe widma radiostacji UKF-FM, zakłócenia od urządzeń elektronicznych a także składowe szumów znajdujące się powyżej 15-20 kHz.

Korektor graficzny (Equalizer).

Są to złożone korektory umożliwiające kształtowanie przebiegu charakterystyki częstotliwości zestawu elektroakustycznego. Polska nazwa "korektor graficzny" wywodzi się od tego, że ustawienie suwaków potencjometrów regulujących wzmocnienie w poszczególnych zakresach wyznacza krzywą umożliwiającą zorientowanie się wzrokowe co do przebiegu charakterystyki częstotliwościowej korektora. Spotyka się korektory 5, 10 a nawet 20 zakresowe. Regulacji podlega wzmocnienie danej częstotliwości w zakresie +12 dB do -10 dB od poziomu wzmocnienia przyjęty za zerowy. Teoretycznie powinno się go stosować do korekcji nierównomierności przenoszenia dźwięków różnej częstotliwości, spowodowanej złą akustyką pomieszczenia lub nieliniowego wzmocnienia naszego zestawu. Ponieważ oceny dokonujemy na słuch, korekcja jest tylko subiektywna. Niektóre firmy (japońskie) produkują go jako oddzielny element zestawu włączany pomiędzy przedwzmacniacz a wzmacniacz. Istnieją też rozbudowane korektory, tzw. "procesory dźwięku", gdzie możliwości regulacji jest duża. Obecnie praktycznie nie stosuje się korektorów, ponieważ jakość samego sprzętu odtwarzającego jest tak wysoka że nie wymaga korekcji, a nieumiejętne ustawienie powoduje znaczne odejście od neutralności dźwięku. Korektory stosują fani podbicia określonego pasma, np. basów.

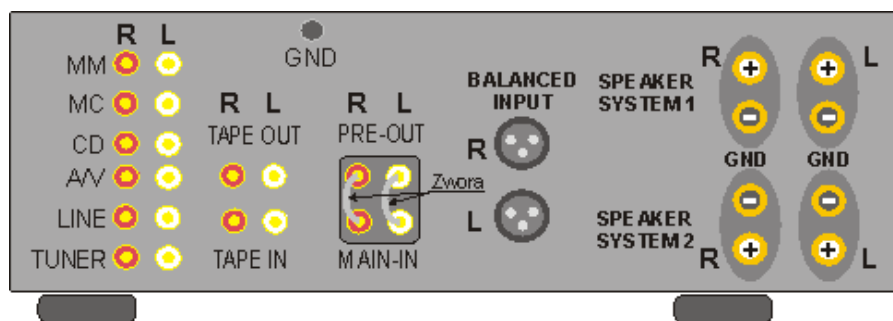
Regulator barwy dźwięku. Jest stosowany w większości tańszych zestawów wzmacniających. Najpopularniejszym jest regulator dwupunktowy, czyli regulujący niskie i wysokie tony. Zakres regulacji wynosi przeciętnie 10 dB w odniesieniu do częstotliwości 100 Hz i 10 kHz. Renomowane firmy zawężają zakres regulacji do 6 dB a nawet do 3 dB. Wielu producentów tzw. "audiofilskich" wzmacniaczy nie stosuje go zupełnie. Przyjmuje się że dźwięk powinien być odtwarzany i wzmacniany najbardziej neutralnie jak to jest możliwe, zgodnie z założeniami producenta płyty.

Regulator balansu.

Jest to najczęściej potencjometr, za którego pomocą możemy regulować głośność kanałów. Niektóre wzmacniacze regulacje balansu mają tylko z pilota. Służy do podniesienia/obniżenia poziomu głośności w kanale w przypadku, jeśli nie są równomiernie nagrane. Często to się zdarza na taśmach magnetofonowych, lub na płytach CD-R które nagraliśmy z ręcznym (i niedokładnym) ustawianiem poziomu zapisu. Wiele przedwzmacniaczy, szczególnie tych droższych nie ma takiego regulatora. Producent zakłada, że jeśli jesteśmy posiadaczem tak dobrego zestawu to używamy też doskonale nagranych płyt.

Gniazda i gniazdko.

Na rysunku widzimy tylną ściankę wzmacniacza zintegrowanego ze średniego przedziału cenowego wyposażonego w większość chyba stosowanych gniazd wejścia i wyjścia. Gniazda wejściowe są typu RCA (popularnie zwane "cinch"), połączane, przez co ich



powierzchnia nie utlenia się i kontakt jest zawsze pewny. W wyższej klasie wzmacniaczy spotykamy tzw. gniazda zbalansowane (Balanced Input) typu XLR, które przypominają nie stosowane już w audio gniazda

DIN (pamiętamy?). Po prawej widzimy solidne zaciski gniazd głośnikowych. Niektórzy producenci stosują podwójne gniazda głośnikowe do bi-wiringu lub multiroom (jak na rysunku). Osobnego wyjaśnienia wymagają wyjście/wejście tzw. pre-out/main in. Widoczny na rysunku wzmacniacz jest wzmacniaczem zintegrowanym, czyli zawiera przedwzmacniacz i wzmacniacz mocy w jednej obudowie. Żeby móc podłączyć *dodatkowy* wzmacniacz mocy, (tzw. końcówkę mocy) np. do bi-ampingu, wyjście przedwzmacniacza musi być wyprowadzone na zewnątrz obudowy i oddzielone od wejścia wzmacniacza mocy. W normalnej pracy wyjście i wejście jest złączone za pomocą zwór, widocznych na rysunku, lub za pomocą przełącznika. Jeżeli potrzebny jest nam sygnał z przedwzmacniacza, zwory zdejmujemy i wyjście podłączamy do dodatkowej końcówki mocy. Do gniazd pre-out/main in można także podłączyć korektor graficzny lub bufor lampowy. Wtedy sygnał z przedwzmacniacza **wychodzi** wyjściem pre-out a po korekcji **wchodzi** do końcówki mocy wejściem main in. Podobną strukturę ma tzw. pętla magnetofonowa (tape out/tape in), z tą różnicą, że wyjście sygnału jest z reguły nieregulowane, tzn. nie można regulować poziomu sygnału za pomocą potencjometru naszego przedwzmacniacza. W bardziej rozbudowanych wzmacniaczach są podwójne pętle magnetofonowe, wtedy jedno z nich może być regulowane potencjometrem głośności. Więcej o połączeniach na stronie "Bi... na wiele sposobów".

Dzielony czy zintegrowany?

Przedwzmacniacz zasadniczo nie wzmacnia mocy lecz dopasowuje sygnały pod względem poziomu i impedancji. Czasami pełni też rolę korektora częstotliwości. Przez niego przepływają bardzo małe prądy które powinny być przesyłane i wzmacniane bez zakłóceń i szumów. Inna sytuacja jest we wzmacniaczu mocy. Tutaj te słabe sygnały są wzmacniane do mocy, która pozwoli poruszyć membrany głośników naszego zestawu. Podział wzmacniacza na dwie obudowy to nie tylko sposób na wyciągnięcie pieniędzy z naszej kieszeni (wiadomo, jak dwa, to droższe). Ma on za zadanie odseparowanie dwóch modułów, które dokonują operacji na sygnałach o tak różnych natężeniach. W efekcie otrzymujemy mniejsze wzajemne wpływy i zniekształcenia. Ale jak to w życiu bywa: nie zawsze podzielone a droższe jest lepsze od zintegrowanego, tańszego.

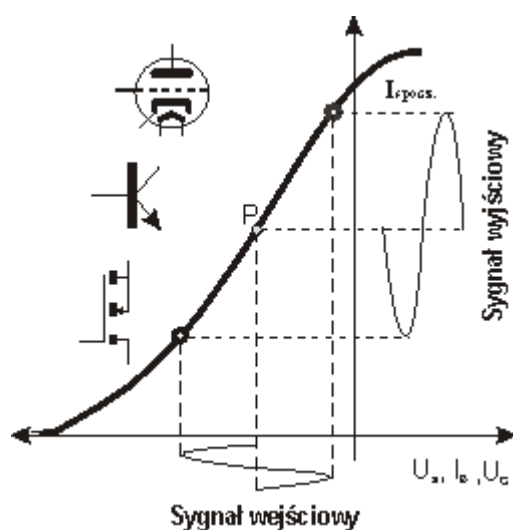
Wzmacniacze mocy.

Jak wiemy zadaniem wzmacniacza mocy jest wzmocnienie sygnału tak, aby mócysterować głośniki z odpowiednią głośnością. Bywają wzmacniacze o ogromnych mocach, przez które

przepływają prądy kilkudziesięciu amper. Takie "piece" nagłaśniają duże powierzchnie podczas koncertów na wolnym powietrzu. Tych mniejszych, używamy do nagłośnienia naszych domów.

Ananasy z lepszej klasy...

Chyba wszyscy interesujący się techniką audio słyszeli o klasach wzmacniacza A, B, C. Ostatnio coraz więcej się mówi i pisze o innych klasach wzmacniaczy: D, E, F, G, H i najnowszej - T. Są to klasy których konstrukcje nie zawsze dają wysokiej jakości dźwięk, ale ciągle trwają prace nad ich udoskonaleniem.



Klasa A.

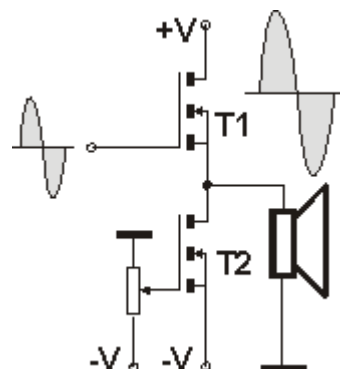
Klasa a wzmacniacza występuje wszędzie tam gdzie poprzez tranzystory lub lampy stopnia końcowego zawsze płynie prąd spoczynkowy, bez względu na to czy podawany jest sygnał czy nie. I to jest cecha charakterystyczna tej klasy wzmacniaczy. Przepływ prądu jest duży i dlatego wzmacniacze te pobierają dużo energii, przy małej sprawności. Teoretycznie powinna ona wynosić 50%, praktycznie często nie przekracza 10 - 20%. Jest to poważna wada, bowiem stosować musimy dużej mocy

zasilacze i potężne radiatory. Jeżeli sygnał nie jest podawany, wzmacniacz pracuje jako grzejnik. Pół biedy w zimie... ale latem? We wzmacniaczach lampowych dochodzi jeszcze żarzenie grzejników lamp, dlatego wiemy już skąd bierze się pobór mocy np. 400 W przy oddawanej 35 W. Ale wzmacniacze takie mają też zalety - dają nam czysty, niezniekształcony dźwięk (pomijając wpływ innych elementów toru). Dlatego marzeniem wielu audiofilów jest posiadanie wysokiej klasy wzmacniacza klasy A.

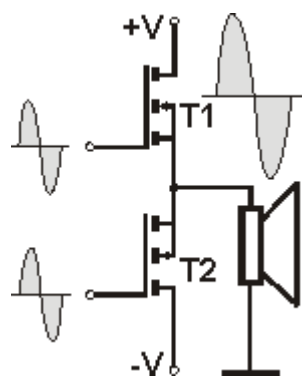
Wzmacniacz klasy A może pracować w dwóch układach tzw. **"single ended"**, w którym cały sygnał jest wzmacniany na jednym elemencie (tranzystorze czy lampie) i w układzie przeciwsobnym, czyli z angielska **"push-pull"**.

Single Ended, klasa A.

Cały sygnał jest wzmacniany przez pojedynczy element - tranzystor lub lampę - lub przez wiele takich elementów połączonych równolegle. Punkt pracy jest tak dobrany, aby cały wzmocniony sygnał mieścił się na prostoliniowej części charakterystyki. Ponieważ przez tranzystor lub lampę końcową przez cały czas płynie prąd stały, nie można bezpośrednio podłączyć głośników. Należy zastosować transformator, a w przypadku tranzystora specjalny układ, w którym tranzystor mocy ma aktywne obciążenie w postaci wydajnego źródła prądowego. Na rysunku z prawej



tranzystorem mocy jest T1, natomiast źródłem prądowym jest tranzystor T2. Zaletą układu single-ended są bardzo małe zniekształcenia i doskonała jakość detali w słuchanej muzyce. Wadą niska sprawność.



Push-pull, klasa A.

Na pierwszy rzut oka rysunek wygląda jak poprzedni. Lecz gdy przyjrzymy się dokładniej, zobaczymy że na wejścia tranzystorów podawane są oddzielne sygnały, przesunięte w fazie. Odpowiednia polaryzacja elementów wzmacniających powoduje że płynie przez nie znaczny prąd spoczynkowy. Gdy stopień mocy nie jest wysterowany, prądy wyjściowe obu tranzystorów (lamp) znoszą się i napięcie na wyjściu wzmacniacza (w głośniku) jest równe zero. Gdy sygnał pojawi

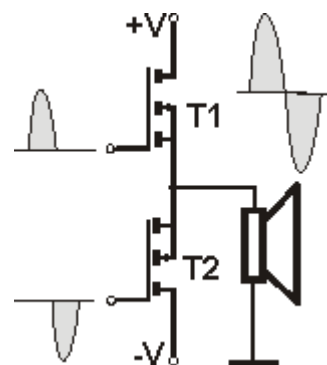
się, stan równowagi ulegnie zmianie. Mimo, że przebiegi sygnału na obu wejściach tranzystorów są jednakowe, prąd w jednym tranzystorze (lampie) wzrasta, a w drugim maleje. W efekcie pojawia się prąd wyjściowy (w lampach napięcie) który przepływa przez obciążenie - czyli steruje głośnikami. Jak to we wzmacniaczu klasy A, sygnał użyteczny wzmacniany jest na prostoliniowym odcinku charakterystyki. Daje to małe zniekształcenia, szczególnie małych sygnałów, a zniekształcenia harmoniczne ulegają redukcji. We wzmacniaczach tranzystorowych ważnym jest, aby tranzystory były bardzo dobrej jakości i miały dobrą stabilizację termiczną. Niska sprawność rzędu 25% wymaga wydajnego zasilacza i bardzo dużych radiatorów. Jeżeli sygnał nie jest podawany, wzmacniacz pracuje jako grzejnik. Na rysunku z lewej wzmacniacz klasy A, push-pull z komplementarnymi tranzystorami MOSFET.

Klasa B.

Zobaczmy na rysunek obok. Czy nie jest to push-pull, w klasie A?

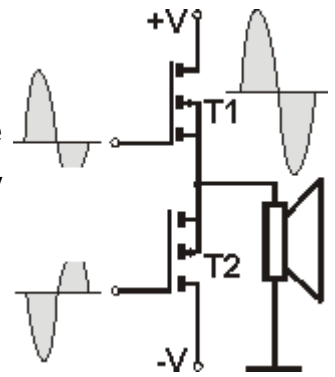
Owszem, układ jest taki sam (prawie). Różni się tylko tym, że polaryzacja układu jest tak dobrana, aby tranzystory w stanie spoczynku nie przewodziły prądu. Dzięki temu nie grzeją się, a sprawność wzmacniaczy w klasie B jest wysoka - do 78%. W tej klasie każdy tranzystor wyjściowy (lampa) wzmacnia odpowiednio tylko jedną połówkę - albo dodatnią, albo ujemną. Na wyjściu połówki są sumowane, dając pełny, wzmocniony sygnał. Dokładne zsumowanie obu połówek wymaga doskonałej jakości elementów i dokładnego ich zestrojenia. Największym problemem wzmacniaczy tej klasy są tzw. zniekształcenia skrośne. Ponieważ tranzystor czy lampa jest elementem nieliniowym, a małe sygnały są wzmacniane na najmniej liniowej części charakterystyki, po złożeniu obu połówek sygnał wyjściowy różni się od podanego na wejście wzmacniacza. Największe zniekształcenia powstają przy przejściu sygnału przez zero.

Czystej klasy B nie stosuje się w sprzęcie Hi-Fi. Spotkać ją możemy w sprzęcie estradowym, gdzie ważna jest duża sprawność i moc, a mniejsze znaczenie ma wysoka jakość odtwarzania.



Klasa AB

Wzmacniacze klasy A wykorzystywane są rzadko, a wzmacniacze czystej klasy B - nigdy. Większość współczesnych wzmacniaczy pracuje w klasie mieszanej - AB. Tranzystory (lampy) są spolaryzowane tak, aby w stanie spoczynku przepływał przez nie niewielki prąd. Przy słabych sygnałach wzmacniacz pracuje w klasie A, a przy większych - w klasie B. Wzmacniacze klasy AB łączą zalety klas A i B: mają nieduże zniekształcenia i stosunkowo dużą sprawność, rzędu 50 - 70%. W



zależności od wartości prądu spoczynkowego mówimy o płytszej lub głębszej klasie AB. Czym większy prąd spoczynkowy, tym mniejsza sprawność, ale i mniejsze zniekształcenia.

W układach lampowych występują klasy: płytsza - A1 i AB1, bez prądu siatki i głęboka - A2 i AB2, z prądem siatki (zobacz: o lampach cz. II).

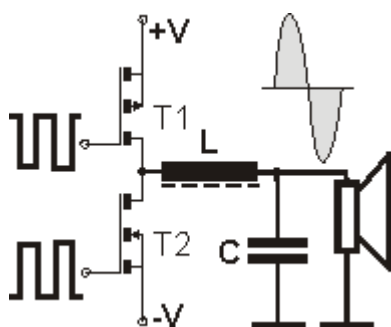
Klasa AA.

Jest to sposób budowy wzmacniacza "dwa w jednym", czyli dobrej jakości wzmacniacz małej mocy, pracujący w klasie A, i drugi który pracuje w klasie B, o większej mocy. Oba wzmacniacze są połączone specjalnym mostkiem tak, aby przy małych sygnałach pracował ten o mniejszej mocy, przy większym zaś sygnale płynnie włączany jest drugi, mocniejszy. Wzmacniacze takie mają niskie zniekształcenia nieliniowe i bardzo małe przesunięcia fazowe. Wzmacniacze takie propaguje m.in. Technics. Jest to bardziej klasa marketingowa, nie mająca wiele wspólnego z tradycyjnym podziałem wzmacniaczy na klasy.

Klasa C.

W tej klasie wykorzystuje się całą szerokość charakterystyki, także tą nieliniową.

Wzmacniacze takie dają dużą moc, lecz o bardzo dużych zniekształceniach. Małe sygnały nie są wzmacniane. Wykorzystuje się je w układach generacyjnych, alarmowych, itp.



Klasa D.

Producenci dążąc do polepszenia sprawności wzmacniaczy, zwrócili swoją uwagę na technikę impulsową. Jeżeli tranzystory będą na przemian albo całkowicie otwierane, albo całkowicie zamykane, uzyskamy tryb pracy w klasie D. W jaki sposób to działa? - zapytacie. Wykorzystuje się fakt, iż głośniki dynamiczne mają pewną bezwładność, ponadto pole magnetyczne w cewce

głośnika nie zanika natychmiast w chwili przejścia tranzystorów w stan wyłączenia (zatkania).

Ponadto stosuje się prosty filtr LC dzięki któremu uzyskuje się niezniekształcony sygnał.

Warunkiem otrzymania prawidłowego przebiegu sygnału jest to, że otwieranie i zamykanie tranzystorów odbywa się z dużą częstotliwością (kilku lub kilkunastokrotna maksymalna

częstotliwość sygnałów audio), a współczynnik wypełnienia impulsów jest proporcjonalny do chwilowej wartości sygnału audio. Wzmacniacze te nazywamy wzmacniaczami impulsowymi lub wzmacniaczami o modulowanej szerokości impulsu (PWM, *Pulse Width Modulation*). Poziom głośności ustalany jest za pomocą regulacji napięcia wyjściowego z wzmacniacza. Na rysunku z lewej widzimy stopień końcowy takiego wzmacniacza. W rzeczywistości układ jest bardziej skomplikowany. O ile filtr wyjściowy LC jest stosunkowo prosty, to układy sterujące i przetwarzające sygnał wejściowy na ciąg impulsów wymagają obróbki cyfrowej. Sprawność takiego wzmacniacza jest bardzo wysoka, teoretycznie do 100%, praktycznie wynosi 90-95%, co i tak jest rewelacyjną wartością. Jak na dzień dzisiejszy wzmacniacze nie wyróżniają się jakością (zniekształcenia ok. 1%) ale prace badawcze trwają i być może do nich (lub podobnej klasy T) będzie należała przyszłość wzmacniaczy. Trochę na wyrost, w celach marketingowych nazywa się je wzmacniaczami cyfrowymi - chociaż jakość dźwięku niestety nie jest jeszcze "cyfrowa". Jak na dziś mamy jeden wyjątek - TacT Millenium. Ten duński wzmacniacz jest pierwszym chyba prawdziwie cyfrowym wzmacniaczem wysokiej jakości. Premierę miał w 1998 roku. Jego cena to 40 000 zł. W Audio 2/1999 jest jego krótki opis:



"Powstanie duńskiej firmy TacT wiąże się właśnie z tym przełomowym urządzeniem - pierwszym dopracowanym i wprowadzonym na rynek wzmacniaczem cyfrowym. Millenium przyjmuje strumień danych wprost ze źródła

cyfrowego (przetwornik C/A jest więc posiadaczowi tego wzmacniacza niepotrzebny), i wcale nie zamieniając ich na postać analogową, lecz konwertując na sygnał PWM (Modulacja Szerokości Impulsu), wzmacnia do wymaganego poziomu, a uzyskanie analogowego sygnału odbywa się za pomocą prostego analogowego filtra dolnoprzepustowego na samym wyjściu. Idea, jak i jej wykonanie, są kapitalne. Ścieżka sygnału jest radykalnie uproszczona o wszystkie wcześniejsze tradycyjne układy wzmacniające (sygnał analogowy), nie ma sprzężenia zwrotnego, eliminacja większości typowych komponentów usuwa problemy zmienności ich parametrów w funkcji czasu i temperatury, sprawność urządzenia jest ok. 95-procentowa - poziom głośności, jak we wzmacniaczach klasy D, ustalany jest za pomocą regulacji napięcia wyjściowego z zasilacza. Wraz z finezyjną koncepcją idzie w parze "zwyczajna" moc, która okazuje się jednak nadzwyczajna - to właśnie rezultat wyjątkowej sprawności Millenium. Ponad 2x150W przy 8 omach i ponad 2x300W przy 4 omach to wyniki, jakich spodziewamy się po znacznie potężniejszych wzmacniaczach (...) Dźwięk Millenium jest wolny od podbarwień i wyostrzeń, można powiedzieć, że jego charakter sprowadza się do braku charakteru, wszystko jest uporządkowane i w pełnej harmonii, trudno nie zachwycić się nadzwyczajną klarownością i mikrodynamiką (przy braku sygnału, w głośnikach panuje kompletna cisza). Jedyne "ale" wynika z niskiego współczynnika tłumienia w zakresie

wysokich częstotliwości - z tego powodu Millenium będzie przygaszał najwyższe tony współpracując z zespołami głośnikowymi o niskim poziomie impedancji w tym zakresie (np. elektrostaty)."

Klasa G.

Poszukiwania oszczędności energii i lepszej sprawności wzmacniaczy doprowadziły do powstania klasy **G**. Jest to wzmacniacz klasy **AB** o dwóch napięciach zasilających. Konstrukcja stopnia końcowego jest taka, że przy małych sygnałach pracuje on przy niższym stopniu zasilania. W chwilach większego poboru mocy płynnie podawane jest wyższe napięcie zasilania. Wzmacniacze tej klasy, poza pewną oszczędnością energii nie charakteryzują się lepszymi parametrami niż "czysta" klasa **AB**.

Klasa H.

Wzmacniacze tej klasy czasami znajdują zastosowanie w samochodowych zestawach nagłaśniających. Jak wiemy instalacja pokładowa samochodu podczas pracy silnika jest zasilana napięciem 14,4V. Umożliwia to uzyskanie mocy 25 W przy głośnikach o impedancji 4 Ohm. By uzyskać większe moce, zmniejsza się impedancję głośników do 2 Ohm, lub stosuje przetwornice, by uzyskać większe napięcia zasilania (np. 25V).

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie wzmacniacza klasy H, który jest rozwinięciem wzmacniacza klasy G. Podczas normalnej pracy wzmacniacz pracuje w klasie AB i jest zasilany napięciem pokładowym, czyli 14.4V. Gdy następuje zapotrzebowanie na większą moc, napięcie jest zwiększane za pomocą "ładunku pomp". Jest to układ zawierający dodatkowe wzmacniacze i baterie kondensatorów. Można powiedzieć, że pracujący wzmacniacz klasy H sam wytwarza w szczytach wysterowania wyższe napięcie, które umożliwia uzyskanie znacznie większej mocy wyjściowej. Warto zauważyć, że napięcie zasilające zwiększane jest w takt sygnału tylko w tym kanale i tylko wtedy gdy jest to konieczne. Oprócz zwiększenia mocy, tak skonstruowany wzmacniacz daje też poprawę sprawności energetycznej. Dla przykładu podam, że układ scalony Philipsa TDA 1562Q umożliwia oddanie 70 W mocy przy zasilaniu 14.4 i impedancji głośników 4 Ohm. W szczycie może oddać 100 W mocy przy zasilaniu 17 V.

Klasy E, F, S.

Dotyczą one wzmacniaczy przełączanych. Nie mają one zastosowania w urządzeniach audio.

Klasa T - jak Tripath

W roku 1998 amerykańska firma Tripath zaprezentowała pierwszy, opracowany przez siebie wzmacniacz klasy T. Dziś ma w swej ofercie wzmacniacze o mocach do 1000 W.

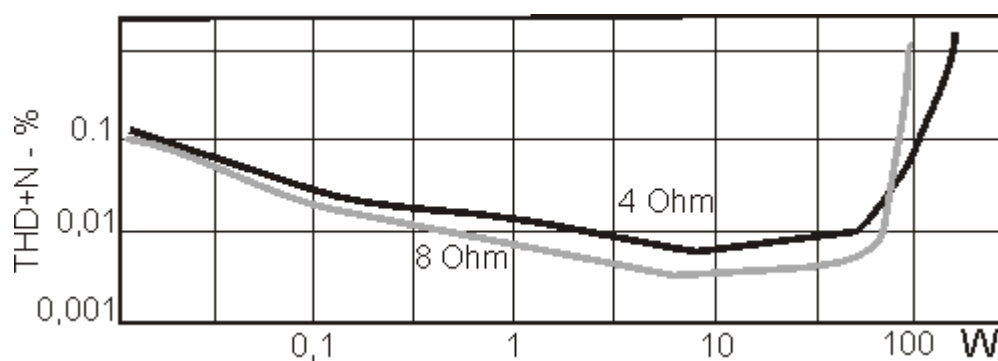
Są to wzmacniacze impulsowe, podobnie jak w klasie D. Stopień wyjściowy, zawierający tranzystory MOSFET, jest również sterowany przebiegiem prostokątnym. W odróżnieniu od

klasy D, częstotliwość impulsów nie jest stała i zmienia się w granicach 50 kHz - 1.5 MHz. Bardzo skomplikowane są stopnie sterujące. Częstotliwość i wypełnienie są wyznaczone przez rozbudowane cyfrowe układy elektroniczne, według bardzo skomplikowanych algorytmów. Jedną z przyczyn występowania zniekształceń we wzmacniaczach klasy D jest niedoskonałość i rozrzut parametrów wyjściowych tranzystorów MOSFET. Sterownik wzmacniacza klasy T jest układem samouczącym się, gdzie wszystkie parametry elementów są odczytywane a wszelkie niedoskonałości odpowiednio kompensowane. Przy zastosowaniu tak zaawansowanej obróbki cyfrowej, wzmacniacze tej klasy mają lepszą liniowość, mniejszy poziom szumów własnych i szerszy zakres dynamiki. Charakterystyka przenoszenia jest bardziej płaska i liniowa, a zakłócenia elektromagnetyczne generowane przez układ są minimalne. Uda się uzyskać współczynnik zniekształceń THD+N poniżej 0,08%, a współczynnik zniekształceń intermodulacyjnych IMD poniżej 0,04%. Przy olbrzymich mocach uzyskiwanych przez taki wzmacniacz parametry te stawiają wzmacniacz tej klasy na równi z bardzo dobrymi wzmacniaczami klas A i AB. Sprawność energetyczna wynosi 80 - 92 %. Już wiele znanych firm na świecie wykorzystuje wzmacniacze firmy Tripath w swoim sprzęcie.

O wzmacniaczach cz. II

Parametry wzmacniacza.

Jest wiele parametrów opisujących wzmacniacz. Jedne są ważniejsze z punktu widzenia słuchającego (np. poziom zniekształceń), inne są ważne dla właściwego dopasowania innych elementów zestawu audio, a jeszcze inne są ważne dla konstruktorów. Teraz omówię te, które spotykamy w danych technicznych wzmacniacza.



1. Moc znamionowa.

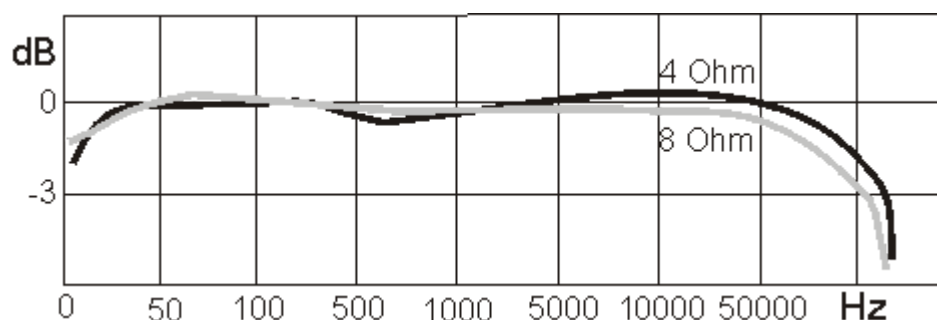
Mierzy się ją przy wysterowaniu wzmacniacza częstotliwością 1 kHz. Jest to moc, którą wzmacniacz może wydzielić bez

przekroczenia założonego współczynnika zniekształceń nieliniowych (najczęściej jest to 1% zniekształceń) w ciągu 10 minut. Podaje się ją dla określonej impedancji obciążenia - najczęściej dla 4 i 8 Ohm. Na rysunku z prawej widzimy przykładową charakterystykę przenoszenia mocy. Zauważmy, że wzmacniacz ma najmniejsze zniekształcenia przy około 10 Wat oddawanej mocy. Na granicy swoich możliwości (ok. 80 W) wzmacniacz zaczyna szybko generować duże zniekształcenia.

2. Muzyczna moc wyjściowa.

Określana jest podobnie jak moc znamionowa, różnica polega na tym że moc znamionową mierzy się przy trwałym wystawieniu wzmacniacza, natomiast moc muzyczną - przy chwilowym (np. przez 2 sekundy). Jeżeli wzmacniacz nie posiada stabilizacji napięcia zasilającego (tak jest w większości wzmacniaczy) moc muzyczna będzie większa od znamionowej. Producenci wielu tanich zestawów podają że ich produkt posiada niebotyczną moc tzw. PMPO. Jest to moc chwilowa, (w impulsie) jaką wzmacniacz zdolny jest przenieść. Z mocą wzmacniacza nie ma to nic wspólnego, ponieważ gdyby pomiar trwał 2-3 sekundy dłużej, ze wzmacniacza zostałaby tylko kupka popiołu.

3. Pasma przenoszenia.



Jest to zakres częstotliwości, w obrębie którego przy danym współczynniku zniekształceń harmonicznym (np. 1%) moc wyjściowa spada na krańcach zakresu o 3 dB (czyli do połowy wartości mocy

znamionowej). Wzmacniacze powinny mieć szerokie pasmo przenoszenia. "Stara" norma Hi-Fi mówiąca że pasmo powinno wynosić przynajmniej 40 Hz - 16 kHz może obecnie odnosić się jedynie do "jamników" i miniwież. Wiele wzmacniaczy posiada pasmo przenoszenia od 0 Hz (to już prąd stały!) do 100 i więcej kHz. Niekoniecznie są to wzmacniacze z najwyższej półki.

4. Poziom zniekształceń nieliniowych.

Jeżeli na wzmacniacz podamy sygnał np. o częstotliwości F , to na wyjściu oprócz wzmocnionego, podstawowego sygnału otrzymamy także kilka słabszych sygnałów będący jego wielokrotnością. Są to **składowe harmoniczne**. Sygnały o wielokrotności $2F$, $4F$, $6F$ itd. - razy większej niż podstawowa - to harmoniczne parzyste. Sygnały o częstotliwościach $3F$, $5F$ itd. - to harmoniczne nieparzyste. Każda następna harmoniczna jest z reguły słabsza. W sygnale wyjściowym mogą występować tylko parzyste, lub nieparzyste harmoniczne, lub oba rodzaje. Przyjmuje się że harmoniczne parzyste są dla ucha bardziej "przyjazne" niż nieparzyste. Stąd mimo bardzo dużej zawartości zniekształceń harmonicznym we wzmacniaczach lampowych, są one oceniane jako przyjemniej grające niż tranzystorowce, w których współczynnik zniekształceń jest wielokrotnie mniejszy. Zawartość składowych harmonicznym podawana jest w postaci współczynnika **THD**. Jest on podawany jest w procentach, powinien być jak najmniejszy. Dla wzmacniaczy Hi-Fi nie powinien przekraczać 1% (obecnie to dużo, dopuszczalne w zasadzie tylko we wzmacniaczach lampowych). We wzmacniaczu powstają także **zniekształcenia kombinowane**, gdy występujące obok siebie różne sygnały wpływają na siebie tak, że mogą powstać "nowe" częstotliwości

wynikające z dodania lub odejmowania się tych sygnałów. Są one bardziej słyszalne niż zniekształcenia harmoniczne, bowiem stanowią nowe tony różniące się częstotliwością od tonów podstawowych, a nie będące ich harmonicznymi.

Kolejnymi zniekształceniami jakie mogą występować we wzmacniaczu są **zniekształcenia intermodulacyjne**. Powstają, gdy sygnały o dwóch różniących się znacznie od siebie częstotliwościach i poziomach mocy są przenoszone równocześnie przez układ nieliniowy. Sygnał o częstotliwości większej jest modulowanym sygnałem o mniejszej częstotliwości. W zależności od rodzaju modulacji jaka ma miejsce, sygnał o większej częstotliwości zostaje zmodulowany amplitudowo lub częstotliwościowo. Współczynnik zniekształceń intermodulacyjnych (**IMD**) powinien być jak najmniejszy.

Wielu producentów podaje oddzielnie każdy współczynnik zniekształceń. Może też być podany jako jeden wspólny **współczynnik zniekształceń nieliniowych THD+N**.

W technice tranzystorowej pojawiały się jeszcze inne problemy. Podczas odsłuchów i porównań wzmacniaczy lampowych i tranzystorowych, mimo dużych zniekształceń, dźwięk z lampowców był o wiele bardziej miły dla ucha słuchającego niż tranzystorowców, które miały świetne parametry. Pojawiło się określenie "tranzystorowy dźwięk", co miało znamionować dźwięk o odcieniu "metalicznym" w odróżnieniu od "ciepłego" dźwięku wzmacniaczy lampowych. Po badaniach stwierdzono, że przyczyną tego są zniekształcenia *intermodulacyjne nieustalonego typu*, które nazwano **zniekształceniami typu TIM**. Przyczyną tych zniekształceń jest głębokie sprzężenie ujemne. Normalnie, bez sprzężenia, wzmacniacz ma stosunkowo wąskie pasmo przenoszenia. Zastosowanie ujemnego sprzężenia zwrotnego zapewnia obniżenie poziomu zniekształceń harmonicznych i uzyskanie szerokiego pasma. W dzisiejszych konstrukcjach problem ten może występować jedynie w tanich wzmacniaczach (lub konstrukcjach amatorskich), gdzie nadal stosuje się głębokie sprzężenia ujemne. W wysokiej klasy wzmacniaczach stosuje się bardzo szybkie tranzystory, o wysokiej częstotliwości granicznej, co pozwala na zmniejszenie sprzężenia do rozsądnych wartości, nie powodujących zniekształceń typu TIM.

Pamiętajmy, że poziom zniekształceń nieliniowych zależy od jakości wzmacniacza, ale także od elementów z nim współpracujących. Każdy element toru wnosi jakieś zniekształcenia, które z reguły się sumują. Przesterowanie wzmacniacza spowodowane np. niedopasowaniem któregoś elementu toru, przy głośnym słuchaniu muzyki, prowadzi do drastycznego wzrostu poziomu zniekształceń. Wpływa to bardzo niekorzystnie na trwałość tak wzmacniacza (przegrzanie) jak i kolumn głośnikowych. Już 10% wzrost zniekształceń powoduje charakterystyczne "charczenie kolumn", co może w bardzo krótkim czasie doprowadzić do ich uszkodzenia.

5. Współczynnik tłumienia (damping factor).

Membrana każdego głośnika posiada pewną bezwładność mechaniczną, przez co nie posuwa się idealnie w takt impulsów prądu. Cewka głośnika generuje wtedy szkodliwe prądy, które w

w pobliżu częstotliwości rezonansowej głośnika stają się szczególnie dokuczliwe. Prądy te można tłumić zwierając elektrycznie głośnik. W jaki sposób? Czyni to wzmacniacz dzięki swojej niskiej impedancji wewnętrznej. Jak widzimy, żeby tłumienie było szybkie i skuteczne wzmacniacz musi więc mieć jak najniższą impedancję wewnętrzną. I tu dochodzimy do współczynnika tłumienia.

Jest to parametr podawany w postaci liczby niemianowanej (np. 20) i odnosi się do wzmacniaczy. Oblicza się go jako stosunek impedancji znamionowej kolumny (najczęściej 8 Ohm, czasem 4) do impedancji wyjściowej wzmacniacza. Im większy współczynnik tłumienia tym lepiej, bowiem wzmacniacz szybko sobie radzi ze szkodliwymi oscylacjami głośników. Przykładowo wzmacniacz o impedancji 0,1 Ohma ma $WT=80$, a wzmacniacz o impedancji 1 Ohm ma $WT=8$.

Współczesne wzmacniacze tranzystorowe mają współczynnik wysoki - rekordziści osiągają nawet kilka tysięcy. Wzmacniacze lampowe lub brzmieniowo upodobnione do lampowców mają WT w granicach 2-6 lub niewiele wyższy. Mimo, że ogólnie przyjmuje się że lepszy jest duży współczynnik, nie zawsze przekreśla to wzmacniacz. Bo przecież wzmacniacze lampowe o niskim współczynniku często grają o niebo lepiej niż tranzystorowiec o niebotycznie wysokim WT. Dlatego warto osobiście zbadać jak dany wzmacniacz dopasuje się do naszej kolumny.

Współczynnik tłumienia zmienia się w zależności od częstotliwości. Przyczyną jest nierównomierna charakterystyka przenoszenia tak wzmacniacza jak i głośników. Ponadto impedancja kabla głośnikowego może mieć pewien wpływ na wartość WT. Dlatego przyjmujemy go jako ogólną wskazówkę dotyczącą danego wzmacniacza.

6. Odstęp sygnału od szumu.

Określa stosunek sygnału wyjściowego o mocy 100 mW dla monofonicznych końcówek mocy (lub 50 mW dla stereofonicznych) do wszystkich innych niepożądanych sygnałów na wyjściu (np. szумы, przydźwięk itp.). Normy nie są ustalone, ale im odstęp większy tym lepiej.

7. Znamionowe napięcie wejściowe (czułość).

Jest to napięcie na wejściu wzmacniacza, które przy regulatorze wzmocnienia ustawionym na maksimum, przy określonej częstotliwości (np. 1 kHz), zapewnia na wyjściu moc znamionową. Czulość podawana jest w woltach.

8. Impedancja wejściowa.

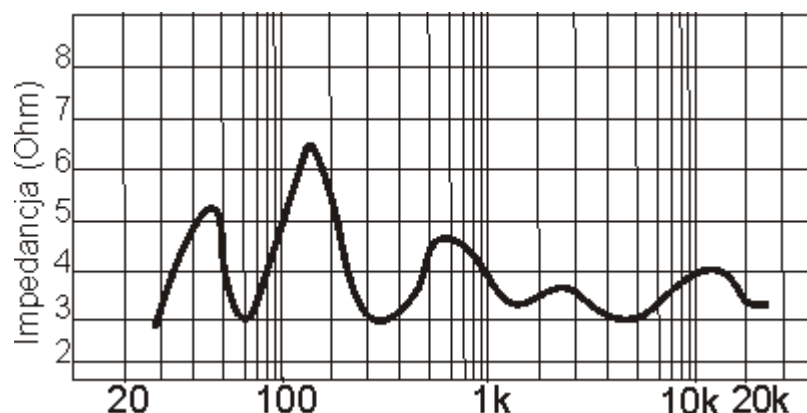
Jest to impedancja, jaka przedstawia sobą wejście wzmacniacza dla znamionowych warunków pracy. Wyjścia źródeł i wejścia wzmacniacza powinny być zbliżone tak, aby duża różnica pomiędzy nimi nie powodowała obciążenia dla źródła lub wzmacniacza. Bowiem jeżeli impedancja wzmacniacza jest zbyt mała w stosunku do źródła, będzie on obciążał źródło, powodując tłumienie sygnału. Lepsza jest sytuacja odwrotna - niska impedancja źródła a

wysoka wzmacniacza.

9. Pobór mocy.

Każdy wzmacniacz ma mniejszą sprawność niż 100%, czyli tylko część mocy pobieranej ze źródła energii zamieniana jest na moc oddawaną na obciążeniu. Najmniej wydajne są wzmacniacze klasy A, gdzie nawet 90% pobieranej mocy jest tracona i zamieniana na ciepło.

10. Charakterystyka fazowa.



Każdy wzmacniacz, wzmacniając sygnał o określonej częstotliwości wnosi większe lub mniejsze opóźnienia. Powoduje to przesunięcia fazowe, co pogarsza lokalizację głosów czy instrumentów podczas słuchania muzyki.

Największe zniekształcenia są na krańcach pasma - niskich i wysokich częstotliwościach. Dlatego ważnym jest aby wzmacniacz miał jak największe pasmo przenoszenia, wtedy zniekształcenia fazowe będą przesunięte poza słyszalne pasmo. Współczesne wzmacniacze mają bardzo szerokie pasmo przenoszenia nawet od 0 Hz do 100-200 kHz.

11. Obciążenie wzmacniacza niskimi impedancjami.

Jeżeli mamy kolumny głośnikowe o impedancji np. 4 omów to wcale nie znaczy że taka jest ich impedancja. Producenci bowiem podają średnią impedancję. Jeżeli popatrzymy na rysunek obok, przedstawiający przykładową charakterystykę kolumn 4-omowych, zobaczymy że impedancja zmienia się w zależności o częstotliwości. Czasami jest wyższa niż podana, a czasami spada bardzo nisko, nawet do 2 omów. Podczas słuchania muzyki, w chwili gdzie impedancja jest niska, wzmacniacz będzie musiał dostarczyć o wiele więcej mocy niż przeciętna (dwa omów to spore obciążenie dla wzmacniacza). Jeżeli wzmacniacz jest mało wydajny prądowo - pojawią się zniekształcenia. Mówimy też że wzmacniacz nie radzi sobie z dużym obciążeniem, jest mało dynamiczny. Nie „kopie” jak trzeba. By temu zaradzić konstruktorzy montują wydajne transformatory zasilające, stosują duże pojemności kondensatorów w zasilaczu, łączą równolegle po kilka tranzystorów wyjściowych, . Jest jeszcze wiele parametrów opisujących wzmacniacze, ale w większości będą one interesować konstruktorów. Jak z poprzednich informacji wynika, nie wszystkie wzmacniacze o gorszych parametrach, grają gorzej od tych z lepszymi. Dlatego audiofila obowiązuje żelazna zasada: przed zakupem słucha, a dopiero potem sprawdza jakie są parametry.

Gramofon

Stary, ale jary.

Gramofon był pierwszym urządzeniem, dzięki któremu ludzie mogli odtworzyć zapisany dźwięk. Jego historia jest długa, a postęp techniczny jaki się dokonał, jest ogromny. Ale nadszedł kres w uzyskaniu lepszej jakości dźwięku. Jeszcze pewne możliwości istniały, ale koszt wprowadzania byłby większy niż uzyskane efekty. Przełomem w jakości było wprowadzenie zapisu cyfrowego. Najpierw zapis cyfrowy wprowadzono na taśmie magnetycznej (system DAT, 1979 r.) a potem na płycie kompaktowej. Wielu z nas posiada dużą ilość analogowych płyt i fakt iż płyty te mimo większych zniekształceń dają szczególną atmosferę i ciepło słuchanej muzyki powoduje, że wielu melomanów nie może rozstać się z gramofonem. Wiele firm nadal je produkuje (jak i płyty analogowe), rozwiązania techniczne są niezwykle wyrafinowane, a same gramofony bardzo drogie. A co najważniejsze znajdują one nabywców.

Obecnie wysokiej jakości gramofon analogowy powinien mieć rozwiązania techniczne, które teraz omówię.

Napęd gramofonu.

Zespół napędowy winien zapewnić płycie maksymalnie równomierny ruch obrotowy. Dobrym rozwiązaniem przeniesienia napędu jest pasek albo napęd bezpośredni., w którym talerz spoczywa na osi precyzyjnego silnika. Każdy napęd musi mieć odpowiedni układ stabilizacji obrotów w postaci układu elektronicznego, optoelektrycznego, kwarcowego, albo nawet mikroprocesorowego. Talerz jest ważnym elementem konstrukcyjnym. Im jest cięższy (większa bezwładność), tym lepsza równowaga obrotów (rekord to waga kilkudziesięciu kilogramów). Na płytę na talerzu dobrze jest położyć ciężki krążek, w celu dokładnego jej dociśnięcia i ustabilizowania.



Ramię.

Ze względu na konstrukcję ramienia dzielimy na obrotowe (najczęściej spotykane) i liniowe (tangencjalne), spotykane nawet w niedrogich konstrukcjach. Ramię obrotowe nie jest idealnym rozwiązaniem, bowiem inaczej porusza się igła podczas nagrywania krążka (liniowo) a inaczej, gdy słuchamy muzyki na gramofonie z takim ramieniem. Pojawiają się zniekształcenia intermodulacyjne a siła odśrodkowa spycha igłę do

środku płyty. Aby temu zapobiec stosuje się różne konstrukcje ramion - im dłuższe tym lepsze, o kształtach litery S lub J. Materiał z jakiego są wykonane jest różny: stal, aluminium, włókna węglowe (Wilson Benesch) czy nawet drewno (Grado). Stopień skomplikowania niektórych hi-endowych rozwiązań może być bardzo duży, a cena bardzo wysoka. Najlepszym

rozwiązaniem jest ramię tangencjalne, czyli liniowe, w którym wkładka z igłą porusza się idealnie po promieniu płyty, tak jak podczas nagrywania oryginału.

(Rysunek obok - drogi gramofon niemieckiej firmy JR TRANSROTOR. Posiada dwa ramiona z różnymi wkładkami, do szybkiej zmiany charakteru dźwięku)

Wkładki.

W pierwszych gramofonach elektrycznych z wkładką adapterową, stosowano wkładki krystaliczne, w których wykorzystuje się „zjawisko piezoelektryczne” polegające na powstawaniu napięcia elektrycznego na powierzchni niektórych kryształów pod wpływem nacisku. Napięcie to może mieć dużą wartość, nawet rzędu kilkuset voltów w przypadku niektórych kryształów, najczęściej kwarcu. We wkładce używanej do gramofonu napięcie takie wynosi około 1V. Wkładka charakteryzuje się dużą impedancją (idealnie współpracuje więc ze wzmacniaczami lampowymi) ale jej wadą są duże zniekształcenia. Produkowane były także z ceramicznego materiału piezoelektrycznego, dającego mniejsze zniekształcenia, lecz także mniejsze napięcie rzędu 100 mV. Obecnie wkładek takich się nie stosuje.

Na rynku gramofonowym zostały tylko wkładki wykorzystujące zasadę indukcji elektromagnetycznej. Wymagają one specjalnego wejścia korekcyjnego tzw. RIAA (jest to nazwa krzywej korekcyjnej stosowanej przy nacinaniu płyt i odwrotnej krzywej w przedwzmacniaczu, stosowanej przy odtwarzaniu) a ze względu na niskie napięcia wyjściowe rzędu pojedynczych miliwoltów - specjalnego przedwzmacniacza gramofonowego. Spotykamy różne rozwiązania konstrukcyjne.

MM (moving magnet) - ruchomy magnes. Tutaj magnes porusza się razem z igłą. Napięcie wyjściowe jest stosunkowo wysokie, rzędu 2,5 - 7,5 miliwolta.

MC (moving coil) - ruchoma cewka. Igła jest połączona z lekką cewką, która porusza się w polu magnetycznym. Sygnał jest bardzo niski, rzędu 0,1-2,5 mV, wymaga więc dodatkowego wzmacniacza, dokładnego dopasowania impedancji wejściowej i pojemnościowej. Jest to „trudna” wkładka, stosowana w droższych konstrukcjach.

MI (moving iron) - ruchoma kotwica, albo indukowany magnes. Igła jest połączona z kotwicą, która zamyka albo przerywa obwód magnetyczny układu magnes-cewka. Zaletą jest dobra podatność i mała masa drgająca. Daje podobny sygnał jak wkładka MM (4,5 mV) Produkuje je firma Grado.

MCS - ruchome cewki w szeregu. Wysokiej klasy wkładka w drogich gramofonach. Daje napięcie 0,6-0,7 mV i może współpracować z wejściami typu MC.

Podczas pracy gramofonu spotykamy często, oprócz znanych chyba każdemu trzasków i szumu płyty, także inne zniekształcenia.

Przenikanie międzykanałowe.

Jeżeli wkładka lub igła są niewłaściwie ustawione w stosunku do ramienia pojawiają się przesłuchy. Należy dokładnie ustawić igłę z wkładką tak względem ramienia, jak i ramienia względem talerza, według instrukcji producenta.

Zniekształcenia prowadzenia poziomego.

Wynika to z różnego prowadzenia igły podczas nacinania oryginału i podczas odczytywania w gramofonach z ramieniem obrotowym. Działająca siła odśrodkowa powoduje że nieco inną „trasą” przesuwają się igła podczas odczytu, niż podczas nagrywania. Odpowiedni kształt ramienia i kąty ustawienia igły pozwalają na redukcję tego zniekształcenia. W gramofonach popularnych błąd ten może wynosić 5^0 w lepszych tylko 1.5^0 . Zniekształcenia nie występują w gramofonach z ramieniem tangencjalnym (liniowym). Jeżeli płyta jest zwichrowana, lub pofałdowana będą powstawały słyszalne zniekształcenia (kołysania) prowadzenia pionowego.

Zniekształcenia śladowe.

Wynikają z różnego kształtu igieł nacinającej (klin) i odczytującej (zaokrąglonej). Różni producenci produkują igły o różnych, często bardzo skomplikowanych kształtach. Najtańsza i i niezbyt dobrej jakości ma kształt sferyczny. Lepsze są eliptyczne. Inne, często skomplikowane szlify, mają nazwę w zależności od producenta: Van den Hul, Fine Line, Shibata, Fritz Gyger, Orto Line i in.

Kołysanie i drżenie dźwięku.

Pojawiają się zmiany w wysokości dźwięku, spowodowane nierównomiernymi obrotami talerza o częstotliwości około 2 - 8 Hz, na które ludzki słuch jest szczególnie uczulony. Często przyczyną jest zużycie paska napędowego.

Zakłócenia od napędu.

Wszelkie drgania mechanizmów i silnika mogą wywoływać niepożądane zmiany w odbieranym sygnale. Także pole elektryczne od silników i układów sterujących mogą indukować we wkładce niekorzystne prądy, które usłyszymy po wzmocnieniu. Najczęściej mają one częstotliwość mniejszą niż 300 Hz. Ważnym jest, aby gramofon był ustawiony na stabilnej, nie przenoszącej drgań podstawie. Drgania wywołane np. naszymi krokami, czy nawet wywoływane słuchaną głośno muzyką przenoszą się na meble, obudowę gramofonu i w końcu na igłę powodując zakłócenia. Pamiętajmy o tym.

Właściwe zamocowanie wkładki i regulacja.

Tutaj musimy zastosować się do zaleceń producenta wkładki. Kąt pod jakim igła powinna przesuwają się w rowku jest ściśle określony, niewłaściwe jego dobranie powoduje że powstają przesłuchy i zniekształcenia.

Także nacisk igły na płytę powinien być zgodny z zaleceniami producenta. Skrajnie duży powoduje szybkie zużycie igły i płyty, a zbyt słaby może powodować częste przeskakiwanie igły.

Antyskating, czyli kompensacja siły odśrodkowej realizowana jest za pomocą różnych rozwiązań - pokręć odpowiadającej śruby czy zakładania ciężarków, ale zawsze powinna odpowiadać zalecanej wartości. Źle ustawiony powoduje zaburzenia stereofonii i wzrost zniekształceń.

Rady dla perfekcjonistów.



1. Jak wspomniałem powyżej, gramofon powinien stać na solidnej podstawie, która nie przenosi drgań i być odpowiednio wypoziomowany.

2. Gramofon wymaga częstego czyszczenia tak igły, jak i samego mechanizmu. Igłę czyścimy delikatnym pędzelkiem. Mechanizm czyścimy czystym spirytusem etylowym. Nie stosujemy spirytusu salicylowego czy kosmetycznego.

Przecieramy łożysko talerza, pasek, rolkę napędową i inne pracujące miejsca.

3. Płyty wymagają delikatnego obchodzenia się. Nie powinny być dotykane palcami - chwyćmy je za krawędź. Powinny być przechowywane w kopertach, w pozycji pionowej. Kurz usuwamy za pomocą specjalnej antystatycznej szczoteczki węglowej - do kupienia w sklepach tzw.

„audiofilskich”. Płyt słuchamy przy zamkniętej

pokrywie gramofonu. Płyty często słuchane, lub przeciwnie, długo nieużywane powinniśmy wykąpać w destylowanej lub przegotowanej wodzie z odrobiną detergentu. Dobrze sprawdza się płyn do kąpieli odbitek fotograficznych (np. polski Fotonał, do kupienia w sklepach fotograficznych). Po kąpieli płuczemy je w czystej wodzie.

4. Ze względu na niskie napięcia wyjściowe wkładek, sygnał wymaga dużego wzmocnienia. Powoduje to szereg kłopotów. Niewielkie zakłócenia, które z innego źródła nie są wzmacniane, tutaj są słyszalne. Ważną rolę odgrywa przedwzmacniacz gramofonowy i kable połączeniowe. Jeżeli słyszymy przydźwięk sieciowy, spróbujmy połączyć (uziemić) obudowy gramofonu i wzmacniacza. W gramofonie, a często we wzmacniaczu są specjalne gniazda, lub zaciski uziemiające. Kable połączeniowe powinny być prowadzone daleko od innych kabli, szczególnie od zasilających. Także ustawienie samego gramofonu w pobliżu urządzeń, które mają silne pole magnetyczne, może negatywnie wpływać na jakość dźwięku.

Wprawdzie gramofon obecnie nie jest zbyt popularnym źródłem dźwięku, ale wytrawnym melomanom daje często więcej radości, (mimo różnych ograniczeń) niż najlepsza płyta kompaktowa. Ponadto łatwy dostęp do tanich płyt na rynku wtórnym, proste sposoby przegrywania płyt na dysk komputera, możliwość obróbki dźwięku (np. usuwanie trzasków) a następnie nagranie go na płytę kompaktową, dają atrakcyjną możliwość powiększenia naszej płytoteki.

(Na zdjęciu - absolutny Hi-End - gramofon Gravita firmy JR TRANSROTOR za "drobną" cenę ok. 70 tys Euro.

Magnetofon

Sam pomysł nagrywania na nośniku magnetycznym jest prosty i pierwsze prace nad urządzeniem nagrywającym rozpoczął już pod koniec XIX wieku duński inżynier Paulsen. Zbudował on działające urządzenie do nagrywania na stalowym drucie. Ale dopiero prace Amerykanina Pflaumera w latach trzydziestych XX wieku, pozwoliły na upowszechnienie wynalazku, dzięki wynalezieniu przez niego taśmy celulozowej pokrytej proszkiem magnetycznym. Po wielu udoskonaleniach mechanizmu magnetofonu, elektroniki jak i samej taśmy magnetycznej, pod koniec XX wieku wynalazek ten uzyskał ogromną popularność. Magnetofony upowszechniły się szczególnie po tym, jak Philips wynalazł wygodną w użyciu kasetę magnetofonową.

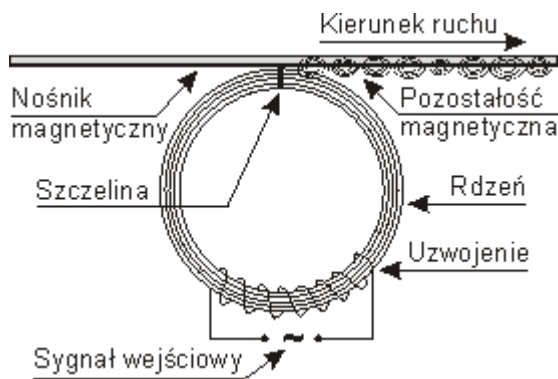
Obecnie powoli ustępuje na rzecz płyty CD (także nagrywalnej) jak i innych nośników cyfrowego zapisu dźwięku.

Magnetofon ma wady których usunięcie nie jest możliwe, można tylko ograniczyć ich działanie.

- przenoszenie zapisu na taśmę jest związane przeważnie z pogorszeniem jakości zapisu,
- nośnik magnetyczny wnosi dość znaczny szum, którego zmniejszenie wymaga opracowania dodatkowych układów redukcji szumu,
- magnetofony upośledzają sygnały o dużych częstotliwościach akustycznych, co zmusza do stosowania silnej korekcji i głowicy o specjalnej konstrukcji,
- konieczny jest dość złożony napęd mechaniczny, który nie powinien zmieniać swoich parametrów podczas długiej eksploatacji,
- wprowadzają zniekształcenia nieliniowe do sygnału.

Zasada działania jest prosta.

Mechanizm napędowy przesuwa taśmę ze stałą prędkością obok głowicy zawierającej rdzeń wykonany z materiału magnetycznego, lecz nie przewodzącego (ferryt, strukturalne żelazo).



Rdzeń ma kształt prawie zamkniętego okręgu z niezwykle wąską szczeliną - w tym miejscu dotyka taśmy. Na rdzeniu nawinięta jest cewka z izolowanego drutu, przez którą płynie prąd tak podczas nagrywania jak i odtwarzania.

Taśma zbudowana jest z giętkiej, nierozciągliwej warstwy tworzywa sztucznego, pokrytego z jednej strony warstwą proszku magnetycznego. Nośnikiem

magnetycznym mogą być tlenki żelaza (Fe_2O_3 lub Fe_3O_4), tlenek chromu (CrO_2), żelazo lub chrom. Cząstki proszku muszą być małe, ponieważ ich wielkość ma wpływ na jakość nagrywania.

Podczas nagrywania przez cewkę głowicy płynie dość znaczny prąd zmieniający się w takt sygnału muzycznego, który indukuje w szczelinie głowicy zmienne pole magnetyczne. Taśma przesuwa się bezpośrednio obok szczeliny, tak że zmienne pole magnetyczne powoduje magnesowanie taśmy.

Podczas odtwarzania namagnesowana taśma przesuując się obok głowicy indukuje w cewce głowicy zmienne napięcie, które jest wzmacniane i podawane na głośniki czy słuchawki.

Kasowanie taśmy.

Uprzednio nagrana taśma może być skasowana przez umieszczenie jej w silnym polu magnetycznym, powodującym nasycenie warstwy magnetycznej i zniszczenie poprzedniego nagrania. W tanich magnetofonach stosuje się do tego celu silnego magnesu stałego, w droższych, specjalnej głowicy kasującej. Jest ona podobna do głowicy nagrywająco-odtwarzającej. Doprowadza się do niej silny, zmienny prąd który powoduje kasowanie taśmy. Za pomocą takiej demagnetyzacji pozostaje znacznie mniej szumu na taśmie niż po kasowaniu magnesem stałym.

Sygnał podkładu (Bias).

Podczas nagrywania, właściwości taśmy magnetycznej (histereza) powodują że sygnał jest zniekształcony. Dzieje się tak, ponieważ namagnesowanie taśmy nie jest liniowo zależne od wartości pola magnetycznego. Gdy jest nagrywany bardzo mały sygnał, na taśmie pozostaje niewielkie trwałe namagnesowanie - *pozostałość magnetyczna*. Powiększenie wartości sygnału nie powoduje proporcjonalnego powiększenia pozostałości magnetycznej. Ponadto przejście sygnału nagrywającego przez zero powoduje znaczne zniekształcenie tego sygnału. Rozwiązaniem tych problemów jest zmieszanie sygnałów audio z sygnałem o stałej i dużej częstotliwości (40 kHz lub większej). Taka technika nazywa się **techniką prądu podkładu** i powoduje, że sygnał audio jest nagrywany bez zniekształceń. Podczas odtwarzania sygnał podkładu jest usuwany za pomocą prostego filtra elektrycznego.

Różne rodzaje taśm wymagają różnego poziomu prądu podkładu. Wyższej klasy magnetofony

posiadają możliwość nagrywania każdego rodzaju taśm: żelazowych, chromowych i metalowych. Tańsze tylko tych najbardziej popularnych - żelazowych.

Rodzaje magnetofonów.

Magnetofony szpulowe. Są najstarszą konstrukcją. Dzisiaj spotykamy je tylko w profesjonalnych studiach nagraniowych jako wielościeżkowe (najczęściej 24 ścieżkowe). Do zastosowań nieprofesjonalnych używano magnetofonów o szerokości taśmy 1 cala (6,35 mm), na której można nagrać 4 ścieżki monofoniczne, lub dwie stereofoniczne. Typowe szybkości przesuwu taśmy to 19.05 cm/s i 9,53 cm/s. Większa szybkość przesuwu taśmy daje lepszą jakość nagrania, a także ułatwia montaż - jeżeli chcemy taśmę ciąć i kleić. Wadą jest kłopotliwe manipulowanie szpulami z taśmą, duże rozmiary i brak gotowych nagrań na taśmach. Obecnie spotykane jedynie w wersjach profesjonalnych.

Magnetofony kasetowe. Kasetę wprowadził na początku lat sześćdziesiątych XX wieku Philips. Dzięki małym rozmiarom, wygodzie użycia i niskiej cenie została szybko przyjęta przez rynek.

Kaseta zawiera wewnątrz taśmę o szerokości 1/8 cala (3,175 mm) i przesuwa się z prędkością 4,76 cm/s. Ma 4 ścieżki nagraniowe umożliwiające zapis stereofoniczny na każdej stronie taśmy. Długość nagrania zależy od rodzaju i grubości taśmy, zwykle jest to 30, 60 i 90 minut.

W porównaniu z nagraniem magnetofonów szpulowych jakość nagrania jest niższa - wyższy jest stosunek sygnału do szumu. Stosowanie coraz lepszych nośników znacząco usunęło tę wadę. Taśmy chromowe mają lepszy stosunek sygnału do szumu, lecz wymagają silniejszego prądu podkładu, więc mogą być używane tylko w magnetofonach do nich dostosowanych. Podobnie jest z taśmami metalowymi, które mają najlepszy stosunek sygnału do szumu. Taśmy chromowe i metalowe mają szersze pasmo przenoszenia w zakresie wyższych częstotliwości.

Oprócz stosowania lepszych materiałów do produkcji taśm, w magnetofonach kasetowych używa się specjalnych systemów redukcji szumów. Angielska firma Dolby opracowała specjalne układy elektroniczne ograniczające szumy taśmy nawet o 70 dB, co powoduje że są prawie niesłyszalne. Jest kilka rodzajów systemów redukcji - najbardziej znane to Dolby B i Dolby C a także Dolby S. (zobacz - [Słownik](#))

W magnetofonach kasetowych spotykamy różne ułatwienia obsługi - *autorewers*, dzięki któremu możemy odtwarzać taśmę „do tyłu” bez przekładania, automatyczny wyłącznik po zakończeniu przewijania (autostop), podwójny mechanizm, gdzie kopiowanie taśm może odbywać się z podwyższoną prędkością itp.

Dzięki wysokiej jakości wykonania mechanizmu, zastosowaniu redukcji szumów i dobrych taśm, magnetofon może być wartościowym elementem naszego zestawu Hi-Fi.

Cyfrowa taśma audio.

Wady zapisu analogowego - zakłócenia, szumy, gorsza każda kolejna kopia, stały się

przyczyną do poszukiwań innych metod zapisu sygnału. Opracowany w latach siedemdziesiątych cyfrowy system zapisu dźwięku - PCM znalazł zastosowanie w cyfrowej taśmie audio DAT (*Digital Audio Tape*). Kasety DAT mają wymiary prawie takie same jak konwencjonalne (tylko grubość ich jest dwukrotnie większa), lecz można na nich zapisać 90 minut cyfrowej informacji audio. Dane są zapisywane *helikalnie*, czyli ścieżki są prowadzone ukośnie za pomocą wirującej głowicy (głowic), jak w na taśmie video. Systemy redukcji szumów nie są potrzebne, gdyż zapis i odczyt odbywa się w systemie cyfrowym, podobnie jak na płycie CD. Magnetofony DAT znalazły zastosowanie głównie w profesjonalnych studiach nagraniowych.

Tuner radiowy

Tuner, czyli inaczej odbiornik radiowy może być samodzielną częścią zestawu Hi-Fi, lub może być wbudowany we wzmacniacz. Układ taki nazywany jest **amplitunerem**.

W swym założeniu odbiór radiostacji UKF-FM, (czyli nadających na ultrakrótkich falach z modulacją częstotliwości) miał być źródłem muzyki wysokiej jakości. Tylko na tych falach, zakłócenia są najmniejsze, a ze względu na ich dużą pojemność informacyjną, możliwe jest nadawanie programów stereofonicznych. Wadą jest że zasięg nadajników pracujących na falach ultrakrótkich jest mały, w zasadzie ograniczony linią horyzontu. Zmusza to do pokrywania kraju dużą ilością nadajników, co znacznie podnosi koszt.

W Polsce przez wiele lat częstotliwość na jakiej pracowały stacje UKF określał standard OIRT i zawierał się od 65 do 74 MHz. Obecnie stacje UKF pracują na wyższym zakresie od 87 do 108 MHz (CCIR).

Radiostacje radiowych pracujących na innych falach niż UKF jest coraz mniej. Nawet Program I Polskiego Radia, który posiadał nadajnik o największym zasięgu w Europie, po zniszczeniu masztu w Konstantynowie koło Gąbina, nadaje także na falach UKF.

Współczesne tunery mają wiele udogodnień. Programowanie stacji, sterowanie pilotem, wyświetlanie nazw stacji a także krótkich wiadomości tekstowych (RDS), to niektóre z nich. Natomiast jakość dźwięku zależy od klasy tunera a także (głównie) od jakości układu antenowego. Najlepszy odbiór uzyskuje się z odpowiednio dobranej do zakresu częstotliwości i zamontowanej na zewnątrz anteny. Musimy pamiętać, że z czasem połączenia anteny z przewodem antenowym ulegają korozji, przez co sygnał staje się słabszy i ulega zakłóceniom. Wewnętrzne anteny sprawdzają się w miejscach gdzie sygnał radiowy jest silny, czyli najczęściej w miejscowościach niezbyt odległych od nadajnika.

Głośniki i kolumny głośnikowe

Głośniki są niezbędnym elementem toru akustycznego. Od ich jakości zależy jakość dźwięku. Niektórzy mówią, iż jest to najważniejszy element toru, bowiem ze względu na wysoką jakość

elektroniki, różnice pomiędzy poszczególnymi wzmacniaczami czy odtwarzaczami CD są mniejsze niż pomiędzy różnymi kolumnami. Mimo olbrzymiego postępu techniki, konstrukcja głośnika nie zmieniła się. Owszem, stosuje się coraz lepsze materiały membran, coraz mocniejsze magnesy głośników, lepsze zwrotnice czy obudowy - ale nadal jest to głośnik dynamiczny ze swoimi zaletami i wadami. Inne konstrukcje to doskonałe głośniki elektrostatyczne, ale są one bardzo drogie i też mają kilka wad. Nowa technologia zwana NXT, - czyli drgające panele sterowane procesorem nie są jeszcze zbyt rozpowszechnione i nie odtwarzają dźwięku z jakością Hi-Fi, (choć Mission chwali się pierwszymi zespołami głośnikowymi w tej technologii o dźwięku Hi-End). Tak elektrostaty jak i NXT słabo przetwarzają najniższe częstotliwości i zwykle są uzupełnione o dynamiczny głośnik niskotonowy.

Konstrukcja głośników.

Nie tak dawno w sprzęcie popularnym spotykaliśmy jeden głośnik „szerokopasmowy”, który teoretycznie obsługiwał całe pasmo słyszalne. Wprowadzenie stereofonii, a potem standardu Hi-Fi wymusiło na producentach stosowanie wysokiej jakości głośników i podział pasma akustycznego na dwie części (lub więcej) - wysokotonową i średnio-niskotonową. Każde pasmo obsługiwane jest przez oddzielny głośnik, o konstrukcji dostosowanej do przenoszonego pasma.

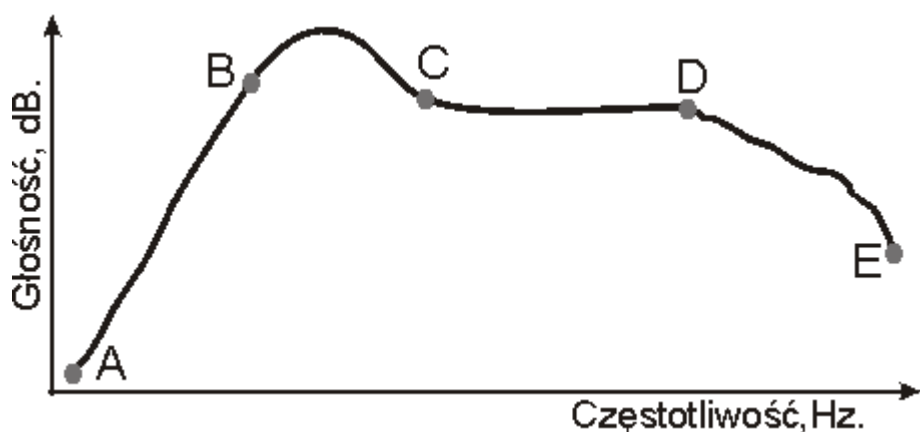
Jak działa głośnik dynamiczny?

Głośnik składa się z magnesu, w którego polu magnetycznym umieszczona jest cewka składająca się z uzwojenia nawiniętego na sztywnym karkasie. Prąd zmienny przepływający przez cewkę wytwarza zmienne pole magnetyczne, które oddziałuje ze stałym polem magnetycznym magnesu powodując ruch cewki - do wewnątrz lub na zewnątrz, w zależności od kierunku przepływu prądu. Do ruchomej cewki przymocowana jest membrana, zawieszona w taki sposób by mogła poruszać się wzdłuż osi głośnika nie ocierając się o inne jego części. Służy do tego celu zawieszenie membrany w postaci elastycznego krążka (resora) w pobliżu magnesu i odpowiednio ukształtowanego obrzeża membrany (lub specjalnego pierścienia pośredniego) przymocowanego do kosza głośnika. Głośnik wysokotonowy ma jedno zawieszenie. Drgania membrany wywołują fale dźwiękowe odbierane przez nasze uszy. Niektórzy producenci (Kef, Tannoy, Cabasse) stosują „dwa, a nawet trzy w jednym”, czyli głośnik średnio-niskotonowy, wewnątrz którego umieszczony jest głośnik wysokotonowy. Taka konstrukcja pozwala na uzyskanie lepszej stereofonii i lokalizacji źródeł dźwięku dlatego, iż głośnik staje się punktowym źródłem emisji fali dźwiękowej w całym paśmie.

Jak widzimy idea jest prosta, a konstrukcja nieskomplikowana. Ale, żeby dźwięk wytwarzany przez głośniki był doskonałej jakości, producenci muszą pokonać wiele trudności związanych tak z elektroniką, fizyką jak i akustyką. I dopiero stosowanie odpowiednich konstrukcji i materiałów (czasem „kosmicznych”) daje nam dźwięk odpowiedniej jakości.

Charakterystyka.

Jeżeli głośnik dynamiczny zostanie przytwierdzony do bardzo dużej odgrady akustycznej



(ekranu) i zasilony przebiegiem zmiennym o stałej wartości napięcia, ale zmiennej częstotliwości, to mierząc ciśnienie akustyczne na osi głośnika otrzymamy charakterystykę jak poniżej. Na tej charakterystyce możemy wyróżnić cztery zakresy

oznaczone poprzez odcinki: AB, BC, CD, DE. Jak widzimy, głośnik przenosi najlepiej (najbardziej liniowo) częstotliwości leżące pomiędzy punktami CD. Przy wyższych częstotliwościach charakterystyka jest bardziej nierównomierna, i głośnik traci stopniowo zdolność do wytwarzania fal dźwiękowych. Odcinek BC charakterystyki odpowiada zakresowi rezonansu układu drgającego głośnika. Rezonans powstaje w wyniku zawieszenia układu o określonej masie, na sprężystych zawieszeniach. W tym zakresie sprawność głośnika jest największa, lecz wierność odtwarzania jest mała. W zakresie częstotliwości rezonansowej dźwięk jest mocno „podbity”, czyli głośniejszy. Na odcinku AB widzimy, że ciśnienie akustyczne gwałtownie maleje wraz ze spadkiem częstotliwości. Spadek ten jest różny dla różnych głośników, najczęściej wynosi on 12-18 dB/oktawę. Konstruktorzy starają się poszerzyć maksymalnie liniową część charakterystyki głośnika, a także zmniejszyć rezonans i nierówności charakterystyki.

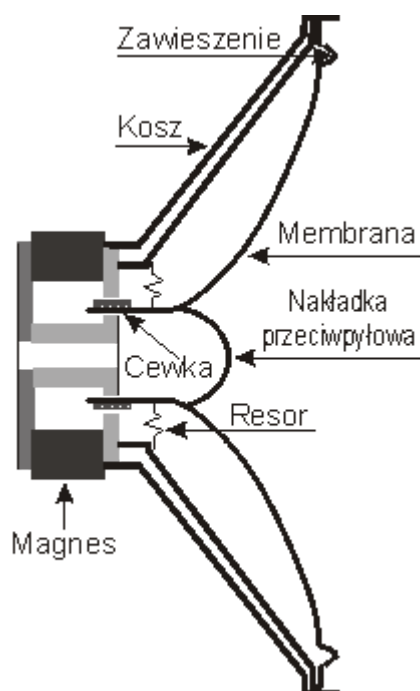
Głośniki, które spotykamy w konstrukcjach domowych możemy podzielić na 5 rodzajów:

1. Głośnik subniskotonowy. Przenosi on sygnały o częstotliwościach 20-30 Hz do 200-300 Hz. Stosowany jest w niektórych kolumnach dużej mocy (i rozmiarów) a najczęściej w subwooferach, czyli specjalnych konstrukcjach kolumn, które mają za zadanie przenosić tony najniższe. Subwoofery kojarzą się nam z kinem domowym, ale coraz częściej wkraczają w krainę Hi-Fi.
2. Głośniki niskotonowe. Przenoszą sygnały do 1500 Hz.
3. Głośniki średnio-niskotonowe. Przenoszą sygnały do 4000-5000 Hz.
4. Głośniki średniotonowe. Przenoszą sygnały o częstotliwościach od 400-1000 Hz do 5000-8000 Hz.

5. Głośniki wysokotonowe. Przenoszą sygnały o częstotliwościach od 4000-6000 Hz do 15 - 25 kHz.

W większości konstrukcji stosowane są tylko dwa głośniki - nisko-średniotonowy i wysokotonowy. Bardziej rozbudowane mają po kilka rodzajów odpowiednio zestrojonych głośników.

Konstrukcja głośnika dynamicznego.

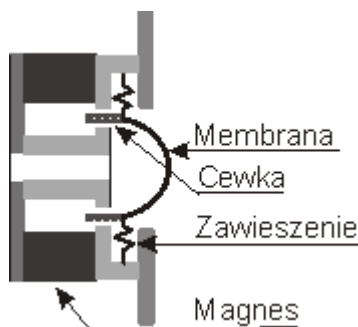


Konstrukcja głośników **nisko i średniotonowych** może być różna, ale najczęściej spotykane mają membranę w kształcie stożka. Na środku membrany widzimy kopułkę przeciwpłyłową (wklęsłą lub wypukłą). W droższych konstrukcjach spotykamy mały stożek. Jest to korektor fazy, który ma za zadanie poprawić charakterystykę fazową promieniowania dźwięku. Tańsze konstrukcje mają nakładkę przeciwpłyłową w tym kształcie, która „udaje” prawdziwy korektor fazy. Po czym je odróżniamy? Korektor fazy jest przymocowany na stałe do magnesu głośnika (co komplikuje konstrukcję), natomiast nakładka przeciwpłyłowa porusza się wraz z membraną. Membrany wykonuje się z różnych materiałów. Najczęściej spotykane są membrany papierowe (celuloza), nasączone różnymi substancjami. Ważną rolę odgrywają też tworzywa sztuczne jak np. polipropylen. W

droższych konstrukcjach stosuje się też bardzo lekki i trwały, o charakterystycznej żółtej barwie kevlar, włókna węglowe, metal (aluminium) różne odmiany szkła i inne często bardzo egzotyczne materiały. Wbrew pozorom wszystkie te egzotyczne materiały nie zastąpiły całkowicie „pocziwej” celulozy, która uszlachetniana różnymi dodatkami i nasączana specjalnymi substancjami jest chętnie wykorzystywana nawet w drogich konstrukcjach. Jeżeli przyglądamy się dokładniej głośnikom, to zauważymy, że niektóre mają nierówną powierzchnię, a czasem wyglądają jakby je pomalował pędzlem jakiś szalony malarz. W ten sposób konstruktorzy starają się zmniejszyć rezonanse i fale stojące na powierzchni membran. O jakości głośnika decyduje nie tylko jakość membrany, ale także magnes i cała konstrukcja. W porównaniu z konstrukcjami sprzed kilkunastu-kilkudziesięciu lat, magnesy są o wiele mocniejsze, tak, że mały głośnik oddawać może dużą moc. W droższych konstrukcjach stosuje się obudowy (kosze) odlewane z różnych stopów metali, które zmniejszają przenoszenie drgań poprzez obudowę. Tańsze mają kosze wytłaczane z blach.

Głośniki wysokotonowe

mają kształt stożka (rzadziej) lub kopułki - wypukłej lub wklęsłej. Materiałem najczęściej używanym na membranę jest jedwab lub inne płótno, nasączone odpowiednią substancją.

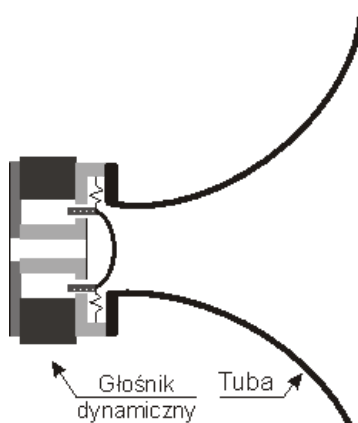


Dają one miękki, ciepły dźwięk. Dużą popularność zyskały także metale: aluminium i tytan (często połączane lub pokrywane tlenkami w celu zmniejszenia rezonansu). Ich dźwięk jest jasny i szybki, czasem zbyt suchy. W droższych konstrukcjach firmy stosują własne rozwiązania i materiały.

Podczas pracy w cewce głośnika wytwarza się ciepło. Jest ono odprowadzane poprzez magnesy i obudowę do wnętrza kolumny.

Jeżeli odprowadzanie jest niewystarczające, uzwojenie cewki ulega przepaleniu. Dlatego w droższych konstrukcjach spotykamy chłodzenie cewki cieczą dobrze przewodzącą ciepło tzw. ferrofluidem. Zastosowanie ferrofluidu ma także wadę - tłumi i zmniejsza szybkość poruszania się membrany, co odbija się na szybkości przekazywania dźwięku.

Oprócz „klasycznej” budowy głośnika wysokotonowego spotykamy także **głośniki wstęgowe**, w których elementem wytwarzającym dźwięk jest bardzo lekka membrana ze specjalnych tworzyw, drgająca w szczelinie magnesu. Na membranie napylona (naklejona) jest ścieżka z metalu (np. aluminium) w kształcie meandrów lub spirali, przez którą przepływa prąd



wytwarzający zmienne pole magnetyczne. Głośniki wstęgowe dają dźwięk lekki, szybki, o małych zniekształceniach i oddają dobrze szczegóły w cichych partiach utworu muzycznego. Mają wyższą sprawność niż głośniki dynamiczne, rzędu 90 dB.

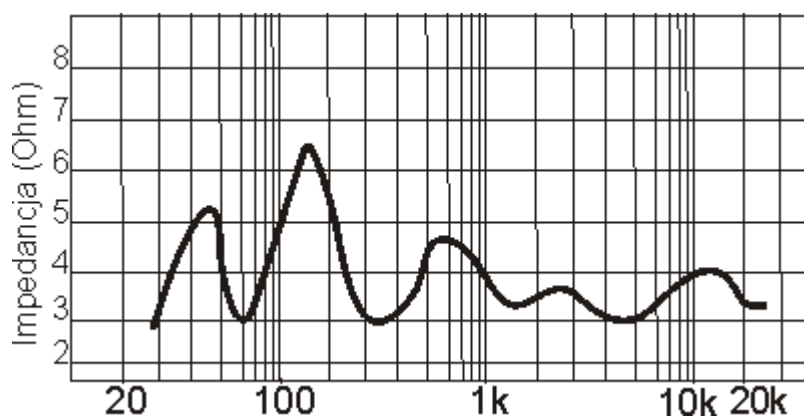
Bywają konstrukcje kolumn z użyciem **głośników tubowych**. W głośnikach tubowych lekka membrana o małej średnicy jest umieszczona w komorze sprzężonej z tubą, stanowiącą część głośnika. Konstrukcję taką spotykamy tak w głośnikach nisko i średnio jak i wysokotonowych. Głośniki tubowe charakteryzują się dużą sprawnością rzędu 20%, dlatego znajdują zastosowanie w sprzęcie profesjonalnym, estradowym.

Zjawiska zachodzące w głośnikach są bardzo skomplikowane. Obiektywne zbadanie wszystkich zjawisk i ujęcie ich w jakieś wzory czy parametry jest złożone i nie gwarantuje sukcesu. O jakości głośnika więcej decyduje renoma producenta, niż porównywanie danych katalogowych, a udana konstrukcja kolumny głośnikowej jest wynikiem badań technicznych, praktycznych prób i odsłuchów końcowych.

Podstawowe parametry.

Impedancja.

Przez zespół głośnikowy (kolumnę) przepływa prąd przemienny. Ponieważ kolumna jest złożonym układem elementów indukcyjnych, pojemnościowych (zwrotnica) i rezystancji, to wypadkowy „opór” jaki będzie stanowił układ tych elementów dla prądu przemiennego nazywamy impedancją. Oznacza się go tak jak rezystancję w omach. Najczęściej spotykana impedancja zespołów głośnikowych to 4, 6 i 8 omów. Większość wzmacniaczy tranzystorowych dobrze sobie radzi z kolumnami o różnych impedancjach i nie musimy się



zamartwiać dopasowaniem kolumn do wzmacniacza, chyba że producent wyraźnie to zaznaczy. Pewien problem niskoomowe kolumny mogą stanowić tylko dla wielokanałowych amplitunerów, gdzie końcówki mocy najczęściej

centralnego projektowane są dla obciążania wyższymi impedancjami. Wzmacniacze lampowe mają oddzielne wyjścia dla różnych impedancji kolumn głośnikowych.

Musimy pamiętać, iż impedancja nie jest wartością stałą dla każdej częstotliwości, lecz jest funkcją. (*Patrz rysunek, przykład kolumny 4-omowej*). Ponieważ największe moce występują w zakresie średnio-niskotonowym, dla tego zakresu wylicza się średnią impedancji i „podciąga” pod którąś ze standardowych wartości - 4, 6, lub 8 omów. Producenci czasem „optimistycznie” podają wyższą impedancję kolumn, co może skutkować niedopasowaniem głośników do naszego wzmacniacza. Wyobraźmy sobie sytuację w jak trudnych warunkach pracuje nasz wzmacniacz gdy obciążymy go kolumnami, które rzeczywistą impedancję mają około 3 omów, a w niektórych zakresach częstotliwości spada ona nawet poniżej 2 omów. A takie kolumny istnieją w rzeczywistości!

Moc.

Najbardziej znanym parametrem kolumn głośnikowych jest moc. Jej wartość stanowi o dumie (najczęściej młodego) właściciela, który może pochwalić jej wysoką wartością. Moc kolumn głośnikowych często jest utożsamiana z możliwościami uzyskania dużych natężeń dźwięku. A tak w rzeczywistości moc kolumn to jedynie parametr, który określa wartość mocy elektrycznej, jaką można dostarczyć do zespołu głośnikowego bez jego uszkodzenia. W zależności od sposobu pomiaru uzyskujemy różne moce tych samych kolumn. Brak jednoznacznych norm niektóre firmy wykorzystują by „podrasować” ten parametr swoich wyrobów.

Moc znamionowa - to moc, jaką głośnik może przyjąć przez 100 godzin nieprzerwanego sygnału. Jest to parametr, który najbardziej oddaje możliwości naszych kolumn. Często oznacza się go z angielską mocą RMS.

Długotrwała moc maksymalna określana jest za pomocą 10-krotnie powtarzanego sygnału w cyklu: 1 minuta sygnału - 2 minuty przerwy.

Krótkotrwała moc maksymalna - to 60-krotnie powtarzany sygnał 1-sekundowy z 1-minutowymi przerwami.

Długotrwała moc maksymalna jest 2-3 krotnie większa, a *krótkotrwała* 4-5-krotnie większa niż *moc znamionowa*. Jak widzimy, jeżeli producent nie poda sposobu pomiaru, może dowolnie manipulować pojęciem „moc kolumn”.

Wielu producentów nie podaje mocy kolumn, lecz rekomendowany zakres mocy

wzmacniaczy, np. 30-150W. Mówi nam on, że każdy wzmacniacz o mocy mieszczącej się w podanym zakresie powinien bez problemu współpracować z kolumnami. Bywa, że podana moc wzmacniacza jest wyższa niż moc znamionowa kolumn. Nie jest to błędem, gdyż stosowanie mocniejszych wzmacniaczy zabezpiecza kolumny przed ich przesterowaniem, co jest groźniejsze niż zbyt duża moc podana na kolumny (patrz strona „Więcej mocy”). Duża moc kolumn nie zawsze przedkłada się na dużą głośność, jaką możemy z nich uzyskać. Tutaj dochodzi jeszcze jeden czynnik - sprawność (efektywność) kolumn. Ale o tym poniżej.

Efektywność kolumn głośnikowych.

Każde urządzenie elektryczne wykorzystuje energię elektryczną którą mu dostarczymy w pewnym tylko stopniu. Część tej energii zamieniana jest na ciepło. Stosunek energii oddanej przez urządzenie w użytecznej formie, do mocy dostarczonej, jest określany jako sprawność. Wyraża się go w procentach lub w postaci ułamka. I tak sprawność wzmacniacza, która wynosi 75%, mówi nam, że aż (tylko) 75% dostarczonej energii jest zamieniane na sygnał użyteczny, a 25% zamienia się w ciepło. W elektroakustyce odpowiednikiem sprawności jest **efektywność**, wyrażana w skali logarytmicznej, w decybelach. Skala logarytmiczna charakteryzuje się tym, że zmiana o 3 decybele jest zmianą dwukrotną, a różnica o 10 decybeli - to zmiana aż 10-ciokrotna.

Do głośników odnosi się **efektywność mocowa**, (dB/2,83V/1m) która określa jakie ciśnienie akustyczne uzyskamy w odległości 1 m przy dostarczeniu 1W mocy elektrycznej. 1W mocy uzyskujemy dla kolumn 8-omowych przy znormalizowanym napięciu 2,83V. W przypadku kolumn 4-omowych uzyskamy moc dwukrotnie większą - 2 W, co może sugerować wyższą sprawność takich kolumn (dla kolumn 4-omowych wartość prawidłowa pomiaru to 2V). W praktyce, ponieważ wzmacniacze przy niższym obciążeniu oddają większą moc, uzyska się i tak większe ciśnienie akustyczne, nie ma to aż tak dużego znaczenia. Wielu producentów podaje wartość napięcia, przy jakim mierzy się efektywność.

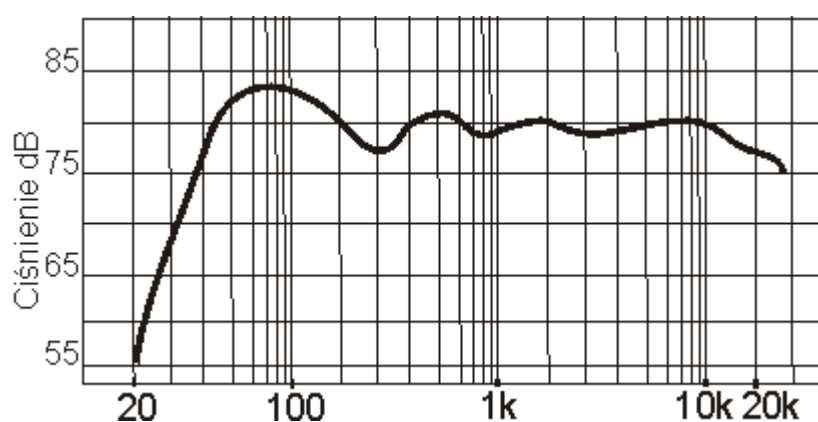
Spotyka się jeszcze określenie efektywności w dB/1W/1m, które mówi nam jakie będzie natężenie dźwięku w odległości 1 m od głośnika przy dostarczeniu 1 Wata mocy sygnału. Podanie samej wartości efektywności w decybelach nie mówi nam wiele o metodzie pomiaru i nie pozwala na bezpośrednie porównanie tych wartości różnych kolumn.

Głośniki bardzo niepełnosprawne.

Głośniki dynamiczne mają rewelacyjnie... niską sprawność. Aż 98-99% energii zamieniana jest na ciepło, a tylko około 1-2 % oddawana w postaci dźwięku. Dlatego tak ważna jest jak największa efektywność naszych kolumn. Współczesne zespoły głośnikowe mają efektywność w przedziale 82 - 92 dB. Ponieważ jest to skala logarytmiczna, to różnica w uzyskanym ciśnieniu akustycznym pomiędzy kolumnami o efektywności 82 dB a 92 dB wynosi aż 10 razy. Kolumny o efektywności 80 dB wymagają stosowania mocnych wzmacniaczy. Tak więc, jeżeli kupimy kolumny o większej efektywności, to bez zwiększania mocy wzmacniacza uzyskamy o wiele głośniejszy dźwięk. Słaby wzmacniacz i efektywne kolumny dadzą taką samą głośność

do olbrzymi wzmacniacz i mało efektywne kolumny. Efektywne kolumny to ważny czynnik przy zakupie słabych (z reguły) wzmacniaczy lampowych. Pamiętajmy o tym.

Pasmo i charakterystyka przetwarzania.



Pasmo przenoszenia jest to zakres częstotliwości jaką przenoszą głośniki. W przypadku kolumn głośnikowych ważnym jest, aby pasmo obejmowało możliwie dużą część dźwięków słyszalnych. Każdy zespół głośnikowy (głośnik) na krańcach swojego pasma

wykazuje spadek głośności.

O ile przekroczenie górnej granicy słyszalności dźwięków, 20 kHz dla współczesnych głośników wysokotonowych nie stanowi problemu, to uzyskanie odpowiednio niskiego basu jest większym problemem. Zależy to od konstrukcji głośnika, wielkości obudowy kolumny, strojenia układu itp. Małe kolumnienki dolną granicę 20 Hz osiągają z trudem, z dużym spadkiem głośności, sięgającym nawet kilkudziesięciu decybeli w porównaniu z poziomem głównej części pasma. Ale i główna część pasma nie jest idealnie liniowa. Przyjmuje się, że dobrym wynikiem jest różnica głośności 3 dB. (*Rysunek*)

Jeżeli charakterystyka przetwarzania jest w miarę płaska, przyjmuje się że kolumny są dobrej jakości, bowiem prawie zawsze duże zafalowania owocują słyszalnymi zniekształceniami dźwięku. Ale doświadczenia praktyczne mówią nam, że sama tylko płaska charakterystyka nie gwarantuje dobrego brzmienia. Prawie wszystkie zestawy o wysokiej jakości brzmienia mają w miarę płaską charakterystykę, ale nie wszystkie zestawy o płaskiej charakterystyce zapewniają wysoką jakość brzmienia.

Różni producenci podają pasmo przetwarzania głośników z różnym spadkiem głośności. Ci bardziej rzetelni podają, że np., pasmo przetwarzania głośników jest 40 Hz - 20 kHz ze spadkiem na krańcach pasma 3 dB, a inni podają optymistyczne pasmo np. 30 Hz - 22 kHz bez podania spadków. Jeżeli pamiętamy, że różnica o 10 decybeli to spadek głośności 10-krotny, a 20 dB to aż 100-krotny, to widzimy, że uczciwie podane parametry są ważną sprawą dla kupującego. Teoretycznie większość kolumn może osiągnąć dolną częstotliwość np. 30 Hz, pytanie tylko, z jakim spadkiem głośności.

Budowa kolumn.

Sam głośnik bez obudowy ma bardzo niską sprawność (szczególnie niskotonowy), ponieważ fale dźwiękowe wytwarzane przez membranę z przodu i z tyłu znoszą się wzajemnie. Dlatego głośniki zamyka się w obudowach tak, aby dźwięk mógł promieniować w jednym kierunku (oprócz kolumn *bi*, *di* i *omnipolarnych*, ale o tym dalej). Odpowiednio wykonana i „zestrojona” obudowa często stanowi o sukcesie lub porażce konstruktora. Można bowiem stosować doskonałe głośniki, lecz przy złej konstrukcji obudowy uzyskamy efekt gorszy niż z tańszych

głośników w dobrze wykonanej obudowie.

Obudowę wykonuje się z dobrej jakości drewna, ale najczęstszym materiałem jest MDF, czyli odmiana płyty wiórowej o dużej gęstości, twardej i wytrzymałej. W tańszych konstrukcjach na przednią część obudowy używa się MDF a boki robi ze zwykłej płyty meblowej. Bywają też obudowy z aluminium, ale stosowane są w drogich, wyrafinowanych konstrukcjach. Aby obudowa nie drgała, i nie wpadała w rezonans, stosuje się grube ścianki a wewnątrz często montuje wzmocnienia. Niektórzy producenci w kolumnach podłogowych dolną część obudowy przeznaczają do zasypania piaskiem czy śrutem ołowianym w celu dociążenia kolumn i tym samym zmniejszenia rezonansów obudowy. Standardem staje się stosowanie kołców pod obudowy, tak by drgania nie przenosiły się na podłogę. Przy kolumnach podstawkowym należy stosować specjalne, stabilne podstawki (standy).

Kolumna zamknięta.

W szczelnie zamkniętej obudowie zamontowane są głośniki - wysokotonowy i średnio-niskotonowy. Kolumna jest mocno wytłumiona. Charakteryzuje się dobrą odpowiedzią impulsową, lecz posiada niską sprawność i z reguły słabszy bas. Spowodowane jest to wytłumianiem promieniowania tylnej części membrany - część energii tracona jest bezpowrotnie. Dlatego obecnie są rzadko produkowane, ustąpiły głośnikom z bass-refleksem.



Bass-reflex.



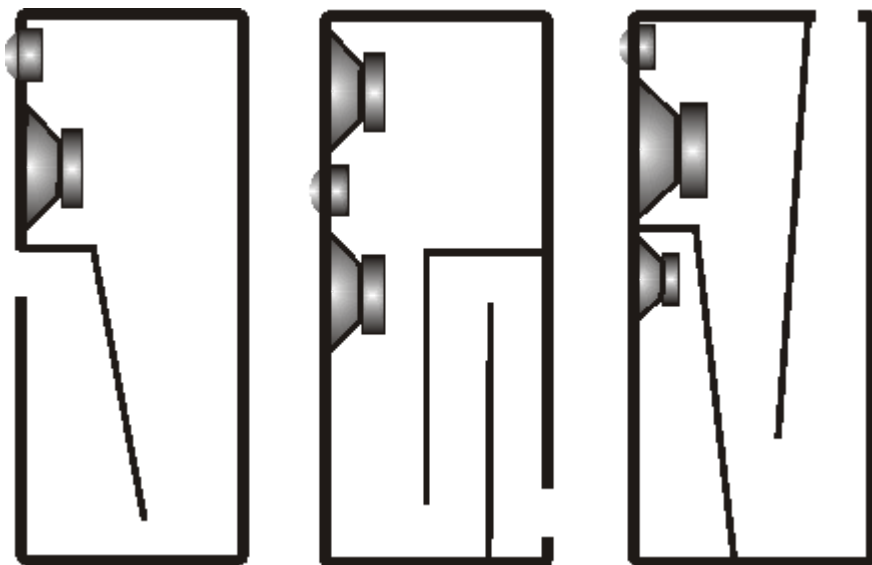
Jeżeli głośnik umieścimy w dobrze wytłumionej komorze zamkniętej, dźwięk będzie promieniował przez przednią stronę membrany. Promieniowanie tylnej strony będzie wytłumiane, ale część energii i tak wydostanie się na zewnątrz przez drgające ścianki obudowy. Lepszym rozwiązaniem jest, gdy energia tylnej strony membrany jest także wykorzystana. Gdy zastosujemy otwór w obudowie, o ściśle wyliczonych proporcjach w stosunku do komory, w której znajduje się głośnik, spowoduje to zadziałanie układu rezonansowego (pierwszy raz obliczonego przez Helmholtza) o bardzo złożonych parametrach. W pewnym zakresie częstotliwości otwór wypromieniowuje falę o fazie (prawie) zgodnej z falą przedniej części membrany, tak, że ciśnienia pochodzące z obydwu źródeł dodają się. W

innym zakresie występuje ciekawe zjawisko: membrana głośnika prawie nie pracuje, a otwór wypromieniowuje bardzo dużą energię. Zalety bass-refleksu spowodowały, że jest on najczęściej stosowanym typem obudowy.

Oprócz obudowy zamkniętej, (rzadko stosowanej, mimo że charakteryzuje się dobrymi charakterystykami impulsowymi), spotyka się także obudowę z głośnikiem (membraną) biernym, band-pass, czy linię transmisyjną.

Linia transmisyjna.

Jest to kolumna, wewnątrz której zbudowany jest kanał, mocno wytłumiony, który pochłania prawie całkowicie energię tylnej części membrany, a jej resztki są wypromieniowane na zewnątrz, poprzez otwór na jego końcu.
(Na rysunku różne konstrukcje linii transmisyjnej. Ostatni rysunek to konstrukcja z membraną bierną)



Membrana bierna.

Konstrukcja z membraną bierną jest dość często spotykana. Zamiast otworu bass-refleksu umocowana jest membrana, (przypominająca do złudzenia głośnik średnio-niskotonowy lecz bez magnesów i zasilania), która wspomaga przetwarzanie basu.

Szczegóły, szczegóły...

Projektanci kolumn stosują różne rozwiązania techniczne, tak aby uzyskać jak najlepszy dźwięk. Kilka przykładów, które widoczne są gołym okiem:

1. Pochylenie całej kolumny, lub tylko przedniej ścianki pod pewnym kątem do tyłu. Pochylenie pomaga uniknąć fal stojących w zakresie niskich częstotliwości.
2. Nierównoległe ścianki obudowy (np. w rzucie z góry - obudowa ma kształt trapezu lub nawet jest owalna) Unika się wtedy fal stojących i rezonansów powstałych wewnątrz obudowy.
3. Zaokrąglanie krawędzi zewnętrznych przedniej ścianki, pozwala na zmniejszenie dyfrakcji fal wyższej częstotliwości. Innym rozwiązaniem jest umieszczenie głośnika wysokotonowego na „dach” obudowy, wysunięcie przed mocno pochylony fragment obudowy itp. (B&W)
4. Maksymalne zbliżenie głośnika wysokotonowego do średnio-niskotonowego poprawia stereofonię. Uzyskuje się prawie punktowe źródło dźwięku. Idealnym źródłem punktowym jest umieszczenie dwóch lub nawet trzech głośników w jednym (Kef, Tannoy, Cabasse *(Na zdjęciu: dwa w jednym, czyli Tannoy Dual, wewnątrz głośnik wysokotonowy)*).
5. Stosowanie wąskich kolumn poprawia stereofonię. Ponieważ wąskie kolumny nie pozwalają na umieszczenie dużych, mocnych głośników średnio-niskotonowych, często stosuje się dwa mniejsze, połączone równolegle.
6. Stereofonię poprawia także umieszczenie dwóch głośników średnio-niskotonowych symetrycznie względem głośnika wysokotonowego - poniżej i powyżej niego. Jest to tzw.



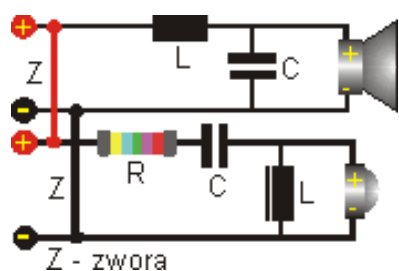
układ D'Appolito (zobacz zdjęcie). Oba głośniki przetwarzają ten sam zakres częstotliwości. Spotykany często, podobny zewnętrznie, układ symetryczny w którym każdy głośnik przetwarza inny zakres częstotliwości nie ma nic wspólnego - poza wyglądem - z „prawdziwym” układem D'Appolito.



7. W kolumnach podłogowych często stosuje się komorę w dolnej części obudowy przeznaczoną do dociążenia piaskiem lub ołowiem. Zmniejsza to drgania obudowy i rezonanse. Może to jednak zmienić charakter dźwięku, dlatego warto porównać brzmienie kolumn nie dociążonych i dociążonych.
8. Kolce przykręcane do kolumn podłogowych są już prawie standardem i są z reguły dołączane przez producenta. Jeśli ich nie mamy warto je zakupić lub zastosować ciężkie kamienne podstawki pod kolumny. Pozwoli to nam uniknąć przenoszenia rezonansów na podłogę, nieco poprawi także przetwarzanie basu. Nie mówiąc o estetycznej stronie takiego rozwiązania.
9. Ponieważ kolumny z otworem bass-refleksu są najbardziej popularne, tutaj też konstruktorzy wnoszą pewne ulepszenia. Wyprowadzenia rury na zewnątrz powinny być łagodnie zaokrąglone by uniknąć szumu powietrza wypychanego przez głośnik. Czasami stosuje się różne wgłębienia, karbowania itp. Obudowa, w której otwór bass-refleksu jest z przodu, jest konstrukcją bardziej uniwersalną. Umieszczenie otworu z tyłu powoduje przy zbyt bliskim zbliżeniu kolumny do ściany, „podbicie” basu, czasem aż do wystąpienia zniekształceń (choć może to być sposób na regulację jego ilości). Takie kolumny potrzebują „dużo powietrza” wokół siebie. Czasem producenci dołączają zatyczkę z gąbki do zamknięcia otworu, przez co ilość basu można ograniczyć. Zamiast gąbki możemy użyć luźno zwiniętej w rulon tkaniny. Niektóre obudowy mają wylot bass-refleksu u dołu. Takie kolumny mają specjalne nóżki, które pozwalają na swobodne wydobywanie się dźwięku.
10. Pod kolumny podstawkowe obowiązkowo powinno się stosować stabilne, nie przenoszące drgań podstawki. Umieszczenie ich na półce powoduje przenoszenie rezonansów na meble i tym samym ma wpływ na charakter dźwięku. W niektórych konstrukcjach producent dopuszcza umieszczenie kolumnienek na półkach. Dobrze jest je odizolować od podłoża poprzez podłożenie kawałka materiału tłumiącego np. gąbki. Odsunięcie od ostrych krawędzi mebla zmniejszy możliwość wystąpienia dyfrakcji fal wysokiej częstotliwości.

Zwrotnica.

Obecnie do przetworzenia całego słyszalnego pasma potrzebne jest użycie przynajmniej dwóch głośników: średnio-niskotonowego i wysokotonowego. W konstrukcjach, w których użyto więcej głośników, pasmo trzeba podzielić na tyle części, ile jest głośników (o ile nie



pracują jako podwójne, połączone równolegle). Każdy głośnik, na krańcach swojego pasma przenoszenia pracuje z mniejszą efektywnością - spadek głośności jest wyraźny. Cała sztuka w budowaniu kolumn polega na tym, aby przejście pomiędzy głośnikami było płynne, niezauważalne, bez nierówności charakterystyki. Za takie właśnie połączenie dwóch głośników

odpowiedzialna jest zwrotnica elektryczna. Jest to układ filtrów, dzielących sygnał biegnący od wzmacniacza pomiędzy poszczególne głośniki. Ponadto zadaniem zwrotnicy jest wytłumienie rezonansów, które występują w każdym głośniku. Najprostsza kolumna składa się ze zwrotnicy zainstalowanej tylko na głośniku wysokotonowym, (bywa że jest to tylko rezystor lub kondensator) który ma o wiele mniejszą moc i dlatego musi być chroniony przed przeciążeniem (*na rysunku prosta zwrotnica kolumny dwudrożnej*). Zwrotnica musi być dopasowana do konkretnych głośników. Jedne wymagają prostych zwrotnic, inne skomplikowanych. Nie ma idealnej zwrotnicy, a o jej jakości świadczy jakość użytych elementów i konstrukcja. Lepsze jest stosowanie np. kondensatorów polipropylenowych niż elektrolitycznych, a cewki powietrzne lepsze są od rdzeniowych.

W terminologii spotykamy określenie „zwrotnica 1-go rzędu, 2-go” itd... Zwrotnica jest to, jak wiemy, filtr elektryczny, który ma za zadanie wytłumić niepotrzebne już częstotliwości. I zależnie z jaką „mocą” to czyni, tak określa się rząd filtru. I tak tłumienie 6 decybeli/oktawę jest łagodnym tłumieniem, i określamy to jako filtr 1-go rzędu (na wykresie widzimy łagodne zbocze). Filtry wyższego rzędu tłumią mocniej: filtr 2-go rzędu to 12 dB/oktawę, 3-go - 18 dB/okt. itd.

Bi-wiring.

Jeżeli z tyłu kolumn zobaczymy 4 (lub 6) zaciski do kabli głośnikowych, możemy się domyślić, że nasze kolumny są przystosowane do zasilania podwójnym (potrójnym) okablowaniem w tzw. bi-wiringu. Zastosowanie podwójnego okablowania teoretycznie poprawia nam jakość dźwięku, ale nie zawsze jest to prawdą. Więcej na stronie „[Bi-wiring, bi-amping](#)”.

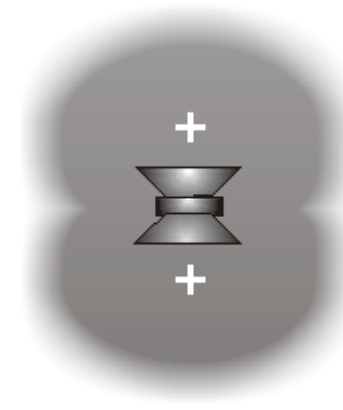
Kierunkowość promieniowania głośników.

Kolumny kierunkowe.

Klasyczne kolumny promieniają dźwięk przed siebie. Największą kierunkowość wykazują wysokie częstotliwości, dlatego ważnym jest, aby przy odsłuchu głośnik wysokotonowy był skierowany w stronę słuchającego, i znajdował się na wysokości jego uszu. Mniejszą kierunkowość wykazują tony średnie a najmniejszą - niskie. Rozchodzą się po pomieszczeniu praktycznie bezkierunkowo, tak, że wystarczyłoby tylko jeden głośnik niskotonowy dla całego zestawu. Taka idea ma zastosowanie w kinie domowym, gdzie wzmacniacz obcina niskie tony (poniżej 200 Hz) w głośnikach głównych i przesyła je do subwoofera. Subwoofer może być ustawiony w pokoju w praktycznie dowolnym miejscu (z pewnymi zastrzeżeniami, patrz strona „[Pan Bas](#)”).

Różne kolumny mają różny kąt promieniowania. Te o większym kącie, są łatwiejsze do ustawienia i lepiej wypełniają pokój dźwiękiem, ale odbywa się to kosztem ostrości lokalizacji dźwięku. Aby uzyskać najlepszą jakość dźwięku dobrze jest skorzystać z porad producenta kolumn zawartych w instrukcji obsługi.

Bipole.



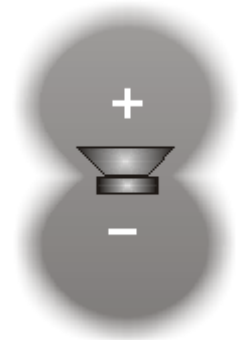
Kolumny o charakterystyce promieniowania bipolarnej promieniają dźwięk do przodu i do tyłu kolumny, w tej samej fazie. Promieniowany przez tył zestawu dźwięk odbija się od ścian pomieszczenia i dociera do słuchacza z kilkumilisekundowym opóźnieniem. Daje to zaskakujące wrażenie przestrzenności i głębokiej sceny dźwiękowej. Konstrukcja takich kolumn jest bardziej skomplikowana, zawierają bowiem więcej głośników dynamicznych które trzeba umiejętnie zestroić. W nieco prostszej wersji produkuje się takie głośniki do kina

domowego jako głośniki tylne, efektowe. Norma THX dopuszcza użycie tylko kolumn o charakterystyce bipolarowej jako efektowych (czyli tylnych).

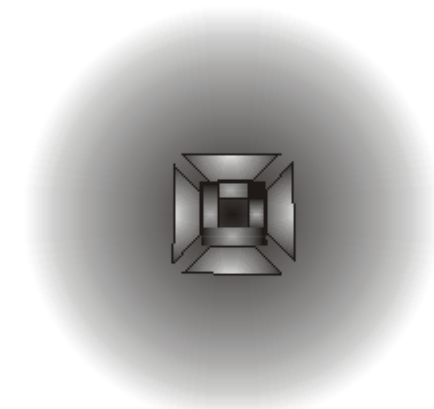
Dipole.

Podobnie jak bipole, głośniki te promieniają także do tyłu. Ale różnica jest zasadnicza: charakterystyka promieniowania przypomina ósemkę, a głośniki pracują w przeciwnej fazie.

Uzyskuje się tu lepsze rozproszenie dźwięku niż w tradycyjnych kolumnach, lecz są trudne do ustawienia w pokoju. Wadą jest słaby bas, wynikający właśnie z pracy w przeciwnych fazach. Następuje tutaj jakby „zwarcie” w niskich (i nie tylko) częstotliwościach i mocne ich tłumienie. Stąd charakterystyka promieniowania ma kształt ósemki. Charakterystykę taką mają głośniki elektrostatyczne.



Omnipolar.



Kolumny omni-polarne promieniają dźwięk dookoła, nie tylko w płaszczyźnie poziomej, ale także w pionie. Zachowują się one jak punktowe źródło dźwięku. Wrażenia z odsłuchu takich kolumn są zaskakujące. Dźwięk wypełnia cały pokój, dając wrażenie uczestnictwa w koncercie na żywo. Wadą takiej prezentacji jest niezbyt ostra lokalizacja źródeł. Konstrukcja takich kolumn jest złożona. Muszą być wykonane z dobrą jakością, ponieważ niewłaściwa konstrukcja powoduje, iż proporcje pomiędzy dźwiękiem odbitym i bezpośrednim zostają

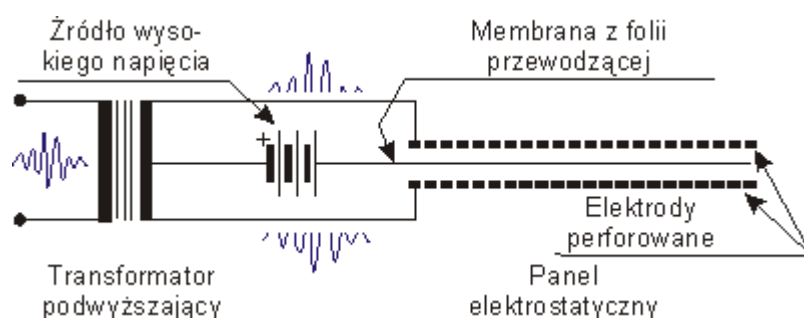
zachwiane, dając nienaturalne wrażenia przestrzenne. Sprawiają też nieco kłopotów przy ustawianiu w pokoju.

Kolumny elektrostatyczne.

Pierwszy głośnik elektrostatyczny został sprzedany tuż po drugiej wojnie światowej. Bardzo dobre rezultaty brzmieniowe zachęciły entuzjastów do rozwijania tej technologii.

Przetworniki elektrostatyczne wyróżniają się bardzo niskim poziomem zniekształceń. Wynika to z ich prostej konstrukcji i zasady działania. Ponadto generują wręcz holograficzną przestrzeń, posiadają bardzo dobrą spójność brzmienia i doskonale oddają barwę instrumentów. Dźwięk jest łagodny, pozbawiony agresji, lekki i przestrzenny. Te zalety powodują, że elektrostaty mają wielu entuzjastów. Do wad zaliczyć można ograniczenia dynamiki i słabe przetwarzanie basu. Dlatego bas najczęściej generowany jest za pomocą klasycznych głośników dynamicznych. *(na zdjęciu wysokiej klasy elektrostat firmy Martin Logan, USA)*

Zasada działania.



Zasada działania, tak jak i konstrukcja, jest prosta. Bardzo lekka, wytrzymała i przewodząca prąd folia z tworzywa sztucznego, jest



umieszczona pomiędzy dwiema elektrodami z blachy perforowanej (najczęściej w proporcji 50%/50% powierzchnia czynna a otwory). Folia jest membraną, która generuje dźwięk. Jest ona wstępnie spolaryzowana wysokim napięciem. Do elektrod z perforowanej blachy doprowadzone jest napięcie zmienne ze wzmacniacza. Jedna elektroda zasilana jest połową napięcia, a druga - drugą połową, w przeciwfazie (push-pull).

Gdy do przetwornika nie dociera żaden sygnał, tworzy się równomierne pole elektryczne pomiędzy membraną a elektrodami. Membrana nie porusza się, gdyż siły przyciągania pochodzące od elektrod równoważą się. Wraz ze zmiennym sygnałem wejściowym, pomiędzy elektrodami tworzy się zmienne pole elektryczne, które w zależności od polaryzacji przyciąga lub odpycha spolaryzowaną wysokim napięciem membranę. Naprężenie membrany działa jak sprężyna zabezpieczając przed nadmiernym wychyleniem. Ponieważ elektrody nie poruszają się, a drga tylko lekka, naprężona folia (membrana) wytwarzając ciśnienie akustyczne, dźwięk jest szybki, lekki i bez zniekształceń.

Aby folia wytwarzała odpowiednie natężenie dźwięku, musi mieć dość duże wymiary i być zasilana wysokim napięciem. Napięcie to wynosi nawet 5000 - 7000 V. Aby zasilić takie kolumny wymagany jest wydajny prądowo wzmacniacz, którego sygnał wyjściowy podnoszony jest za pomocą specjalnego transformatora do napięcia roboczego kilku kV. Przekładnia takiego transformatora wynosi najczęściej 1:50. Panele elektrostatyczne mogą też być zasilane za pomocą wzmacniacza lampowego, z pominięciem transformatora wyjściowego. Wysokie napięcia zasilające są niebezpieczne, dlatego głośnik elektrostatyczny jest umieszczony w odpowiedniej, izolującej obudowie.

Spotyka się dwa rodzaje paneli: płaskie i zakrzywione. Panele płaskie są łatwiejsze w

produkcji, ale mają niekorzystną charakterystykę kierunkową w płaszczyźnie poziomej. Powoduje to, że przy odsłuchu stereofonicznym obraz stereofoniczny jak i balans tonalny zmienia się w zależności od położenia naszych uszu. Nawet niewielkie ruchy głową powodują ich zmianę. Dlatego stosuje się panele zakrzywione, (np. Martin Logan) które nie są tak wrażliwe na lokalizację słuchacza. Płaskie panele produkuje firma Quad, ale stosuje specjalne elektrody i skomplikowane linie opóźniające, które doprowadzają napięcie do kolejnych pierścieni elektrod.

Ustawianie paneli w pomieszczeniu.

Elektrostaty są źródłem dźwięku dipolarnym, czyli promieniują dźwięk do przodu i do tyłu w przeciwfazie. Powoduje to trudności w ustawieniu kolumn. Najlepsze efekty przestrzenne można uzyskać ustawiając je nierównoległe do ścian pokoju, w jednakowych odległościach od ścian i mebli. Dokładne propozycje ustawienia można znaleźć w instrukcji obsługi.

Zrób to sam.

Panele elektrostatyczne są dość łatwym obiektem do amatorskiej budowy. Wprawdzie w Polsce ruch hobbystyczny jest niewielki, ale na świecie a szczególnie w USA można bez problemu kupić „kity” do samodzielnego złożenia. Wielu entuzjastów tanim sposobem buduje więc wysokiej jakości panele elektrostatyczne, tym bardziej że markowe są bardzo drogie. Temat elektrostatów często był omawiany na łamach amerykańskiego czasopisma **Audio Amateur**. (zobacz linki na stronie "[Ciekawe strony](#)")

Nowa technologia - NXT.

Technologia ta powstała w brytyjskiej firmie badawczej V-Labs, podczas badań nad wyciszeniem kabin samolotów wojskowych „Tornado”. Firma ta obecnie nie zajmuje się produkcją paneli, lecz tylko sprzedaje licencje różnym formom. Licencje nabyły: Mission, NEC, Samsung, Peerless, LG, Audax, Sony, Fujitsu i wiele innych.

Panele NXT to sztywne i lekkie płyty kompozytowe (np. z włókna węglowego czy nawet cienkiego, przewodzącego szkła) o grubości od 0,5 mm (nawet od 0,3 mm) do 20 mm. Najczęściej są płaskie, lecz mogą mieć inny kształt, np. walca czy kuli. Wielkość panelu może być prawie dowolna - obecnie spotyka się wielkości od 10 cm² do kilku m². Nie mają specjalnej obudowy, lecz tylko ramkę.

Mogą być wieszane na ścianie jak obraz (są już z nadrukowaną reprodukcją znanych obrazów) lub wbudowane w sufit czy ścianę. Mogą pracować w dowolnej pozycji, także pod wodą.

Zasilanie paneli odbywa się za pomocą specjalnego wzбудnika sterowanego mikroprocesorem, który przetwarza sygnał dźwiękowy według skomplikowanych algorytmów.



Wzbudnik (o niewielkiej grubości) przekazuje energię do płyty, w której wytwarzane są fale **giętne**. Fale **giętne** powstają w ośrodkach o małej grubości. Są to fale poprzeczne, które powodują odkształcenia (wyginanie) membrany związane z przemieszczaniem się czoła fali. Rozchodzą się wzdłuż panelu i tworzą dużą liczbę prawie punktowych źródeł dźwięku o różnych częstotliwościach. Amplituda drgań jest niewielka (rzędu mikronów) lecz rozłożona na całej powierzchni. Pasma przenoszenia jest szerokie, wynosi 70 Hz - 19 kHz. Panele emitują rozproszony, wysokiej jakości dźwięk, o małych zniekształceniach i o prawie płaskiej charakterystyce przenoszenia. Odznaczają się dużą efektywnością. Wytwarzanie ich jest proste - po prostu płytkę kompozytu tnije się na żądany wymiar, dołącza wzbudnik, oprawia, drukuje wzór na powierzchni. Skomplikowane są tylko obliczenia komputerowe ze względu na określenie algorytmu zasilania dla każdego panelu oddzielnie.

Te zalety powodują że grające panele znajdują zastosowanie w zestawach audio i kina domowego (uzupełnione o subwoofer) jak i w przemyśle komputerowym (np. głośniki przy laptopach) samochodowym, zabawkarskim, itp. Wprawdzie jest to technologia młoda, ale wielce obiecująca. Już teraz producent kolumn, brytyjska firma Mission chwali się, iż wyprodukowała „kolumny” NXT klasy Hi-End.

Inne technologie.

Oprócz udoskonalania „klasycznych” konstrukcji głośników, trwają badania nad nowymi technologiami. Są one bardzo interesujące lecz jeszcze nie na etapie zastosowań praktycznych. Zainteresowanych odsyłam do literatury fachowej.

Słuchawki

Słuchawek używamy do odsłuchu audycji zamiast zestawów głośnikowych. Bardzo ważną rolę odgrywają w technice nagraniowej w studiach fonograficznych i rozgłośniach radiofonicznych do kontroli jakości nagrania. Bardzo dużą popularność zyskały w przenośnym sprzęcie typu "Walkman" itp. Główne zalety odsłuchu słuchawkowego to:

- bardzo dobre przenoszenie szerokiego pasma częstotliwości, łącznie z basem, który w urządzeniach głośnikowych sprawia duże problemy,
- bardzo dokładny i detaliczny dźwięk, pełen szczególnej atmosfery, która nazywana jest przez audiofilii "eterem" lub "powietrzem",
- możliwość słuchania muzyki bez względu na hałas otoczenia,
- możliwość głośnego słuchania bez przeszkadzania domownikom czy sąsiadom,
- bardzo mała moc potrzebna do zasilania słuchawek, co ułatwia skompletowanie aparatury i uzyskanie wysokiej jakości dźwięku stosunkowo niedużym kosztem.

Największą wadą odsłuchu słuchawkowego jest nieprawidłowa lokalizacja pozornych źródeł dźwięku. Podczas słuchania stereofonicznych nagrań słyszymy, że scena dźwiękowa rozgrywa się wewnątrz naszej głowy. Efekt ten eliminują niektóre, wysokiej klasy konstrukcje słuchawek, słuchawkowe wzmacniacze z odpowiednią korekcją a także słuchawkowe

procesory dźwięku dookólnego (surround). Pojawiają się (nieliczne) płyty CD przeznaczone do odsłuchu słuchawkowego, pozbawione nieprawidłowej przestrzeni dźwiękowej.

Długotrwałe używanie słuchawek powoduje ucisk i rozgrzewanie się naszych uszu i może niekorzystnie wpływać na nasz słuch. Jak alarmują laryngolodzy szczególnie niekorzystnie działają słuchawki zamknięte. Wadą jest także ograniczenie naszych ruchów przez kabel zasilający. Komfort słuchania poprawia używanie słuchawek bezprzewodowych.

Słuchawki ze względu na strukturę akustyczną można podzielić na trzy rodzaje:

- słuchawki zamknięte
- słuchawki otwarte
- słuchawki półotwarte.

Słuchawki zamknięte



Wizualnie są to największe słuchawki, bowiem cała małżowina uszna powinna znaleźć się wewnątrz wałka uszczelniającego. Dzięki ścisłemu przyleganiu wałka uszczelniającego do głowy, membrana słuchawki, małżowina uszna i kanały słuchowe w uchu tworzą układ akustyczny, zamknięty. Daje to liniowe przenoszenie tak niskich jak i wysokich częstotliwości i dobrą dynamikę. Do zalet tego typu słuchawek należy także dobre oddzielenie słuchacza od szumów otoczenia i minimalne promieniowanie dźwięków na zewnątrz. Wadami jest zależność parametrów przenoszenia od ścisłego przylegania słuchawek do głowy i brak wentylacji. (z lewej - słuchawki dynamiczne, zamknięte, wokółuszne - Koss

R80)

Słuchawki otwarte

Słuchawki otwarte możemy porównać do małych głośników umieszczonych w pobliżu uszu. Mają kilka zalet w porównaniu do słuchawek zamkniętych: - niewielka zależność charakterystyki przenoszenia od szczelności przylegania do małżowiny usznej, - zapewniają prawidłową wentylację ucha, - nie powodują odczucia odizolowania od otoczenia, co jest korzystne przy długim słuchaniu. Typowe słuchawki otwarte mają nakładki z pianki, które stykają się z małżowiną uszną słuchacza. Porowatość nakładki powoduje że dźwięk dostaje się nie tylko do kanału słuchowego ucha lecz wydobywa się na zewnątrz. Także



dźwięki z zewnątrz docierają do słuchacza. Słuchawki mają dość dużą średnicę, co ułatwia osadzenie ich na małżowinie usznej. Bywają także miniaturowe słuchawki, które wkładamy do ucha, w pobliże kanału słuchowego. *(zdjęcie po prawej- słuchawki dynamiczne, otwarte, wokółuszne - Beyerdynamic DT 331)*

Słuchawki półotwarte

Większość słuchawek wysokiej klasy to właśnie słuchawki półotwarte. Działają tak jak słuchawki zamknięte z zakresie basów, a jak słuchawki otwarte w zakresie średnich i wysokich częstotliwości. Takie rozwiązanie ma akustycznie najwięcej zalet, przy dość dobrej wentylacji uszu i korzystnego dla słuchu, akustycznego kontaktu z otoczeniem.

Szczegóły konstrukcji

Większość słuchawek konstruowana jest jako słuchawki dynamiczne. Zbudowane są podobnie jak głośnik dynamiczny - w polu magnetycznym porusza się cewka która przytwierdzona jest do membrany. Ciekawą konstrukcją słuchawek jest głośnik elektrodynamiczny, w którym wykorzystuje się specjalnie pofałdowaną przewodzącą membranę, umieszczoną pomiędzy dwiema biegunami silnego magnesu neodymowego. Siła elektrodynamiczna powoduje naprzemienne rozciąganie i ściskanie tej harmonijki, która wytwarza falę dźwiękową. Pewną wadą tych przetworników jest bardzo niska impedancja (jak na słuchawki) co wymaga stosowania specjalnych niskoomowych wzmacniaczy słuchawkowych.

Do słuchawek wysokiej klasy zalicza się także słuchawki elektrostatyczne. Zasada działania jest taka sama jak w głośnikach elektrostatycznych, których budowę omówiłem na stronie "Głośniki". Słuchawki elektrostatyczne wymagają odpowiedniego wzmacniacza i wysokiego napięcia polaryzującego membranę. Pojawiają się jeszcze inne rozwiązania techniczne w konstrukcji słuchawek, zainteresowanych odsyłam do literatury fachowej.

Najbardziej popularne, najtańsze, są słuchawki do sprzętu przenośnego typu "Walkman". Są to najczęściej słuchawki dynamiczne, o niewysokich parametrach. Ich impedancja wynosi zwykle 32 Ohmy. Inne słuchawki mają różną impedancję od 32 do 600 Ohm. Dobrej klasy słuchawki posiadają pasmo przenoszenia 20 Hz-20 kHz (a nawet więcej) zniekształcenia THD mniejsze niż 0,5% a skuteczność powyżej 95 dB. Skuteczność powyżej 100 dB nie jest niczym wyjątkowym wśród słuchawek.

Uwiazani

Standardem są słuchawki przewodowe, które podłączamy do wyjścia słuchawkowego wzmacniacza. Jest to duża niedogodność, bowiem jesteśmy ograniczeni długością przewodu zasilającego który ma zwykle długość 2.5 -3 m. By móc oddalić się wzmacniacza musimy stosować przedłużacze, a swobodę poruszania i tak ogranicza płaczący się kabel.

Bez kabla



Tej niedogodności nie mają słuchawki bezprzewodowe. Sygnał do słuchawek może być przesyłany dwoma sposobami:

- za pomocą fal radiowych
- za pomocą podczerwieni

Największy komfort uzyskujemy za pomocą fal radiowych. Zestaw składa się z nadajnika pracującego na falach UKF który przyłączamy do wzmacniacza i słuchawek z wbudowanym odbiornikiem. Zasięg odbioru w budynku wynosi 20 - 30 m a na otwartej przestrzeni jest o wiele większy. Jeżeli na przeszkodzie nie stoją bardzo grube mury, możemy swobodnie poruszać się swobodnie bez pogorszenia jakości odbioru.

Analogowo czy cyfrowo.

Niestety w tańszych systemach słuchawek bezprzewodowych jakość odbioru jest niższa niż ze słuchawek przewodowych. Winę ponosi tutaj transmisja, gdzie sygnał analogowy jest wzmacniany i przesyłany za pomocą fal radiowych. Transmisja radiowa ma ograniczone pasmo przenoszenia i wnosi szумы. O wiele lepszą jakość odbioru zapewnia transmisja cyfrowa. Sygnał ze wzmacniacza jest zamieniany za pomocą konwertera na postać cyfrową i dopiero wysyłany w przestrzeń za pomocą fali radiowej. W słuchawkach odbierany i zamieniany na sygnał analogowy. Jest to o wiele droższe rozwiązanie, lecz przynosi znaczną poprawę jakości odbieranego sygnału.

Słuchamy na podczerwono

W tańszych zestawach słuchawek bezprzewodowych spotyka się nadajnik i odbiornik pracujący na falach podczerwonych (jak np. w pilotach sterujących RTV). Zapewnia stosunkowo dobrą jakość odbioru, lecz wadą jest ograniczenie odbioru tylko do pokoju w którym znajduje się nadajnik. Rozwiązanie takie charakteryzuje się także dużą wrażliwością na nasze poruszenia, gdy odbiornik w słuchawkach "gubi" falę nadawczą. *(zdjęcie z lewej - bezprzewodowe, radiowe słuchawki dynamiczne, otwarte, wokółuszne - Sennheiser RS 85)*

Jakie kupić?

Do sprzętu przenośnego nie musimy kupować wyrafinowanych, drogich słuchawek. Inaczej jest, gdy posiadamy wysokiej klasy wzmacniacz (także słuchawkowy) i chcielibyśmy uzyskać jak najlepszą jakość dźwięku. Najlepiej jest przesłuchać kilka modeli ponieważ tak jak i głośniki, różnią się one charakterem i barwą dźwięku. Ponadto wybierając słuchawki kierujemy się dobrym dopasowaniem do naszych uszu. Każdy z nas ma inne małżowiny, inny kształt

głowy itp., dlatego powinny być wygodne i po nałożeniu zajmować prawidłowe położenie i nie uciskać naszych uszu.

Subwoofer

Subwoofer, czyli głośnik który generuje tylko niskie tony na dobre zadomowił się w kinie domowym, a coraz śmielej sobie poczyną w klasycznym audio. Wielbiciele mocnych basów nie wyobrażają sobie bez niego nie tylko oglądania filmów ale i słuchania muzyki. Jego stosowanie jest obowiązkowe w przypadku norm THX. O ile jeszcze kilka lat temu spotykaliśmy subwoofery pasywne, czyli bez wbudowanego własnego wzmacniacza, to obecnie jest to rozwiązanie praktycznie nie spotykane.

Dobry subwoofer ma mieć solidny *własny wzmacniacz*, sterowany z amplitunera lub wzmacniacza oddzielnym *wyjściem subniskotonowym*. Najczęściej jest to wyjście typu RCA, popularnie zwane „cinch”. Ponadto wiele subwooferów ma możliwość pracy w trybie pasywnym, czyli jego głośnik może być zasilany tylko sygnałem z wyjścia głośnikowego wzmacniacza (amplitunera). Rozwiązanie to stosuje się w zestawach audio, gdy nasz wzmacniacz nie posiada oddzielnego wyjścia subwooforowego.

Standardem jest już, oprócz regulacji głośności, stosowanie *regulatora odcięcia częstotliwości*, którym to płynnie możemy ustawić taką częstotliwość, powyżej której jest ona tłumiona. Z reguły górna częstotliwość którą może przenieść subwoofer to 150 - 200 Hz, a dolna zależy od konstrukcji naszego subwoofera.

Przełącznik fazy ($0^{\circ}/180^{\circ}$) pozwala nam na dopasowanie zgodności fazy głośnika subwoofera i głośników głównych.

Często spotykany jest *automatyczny włącznik*, który włączy nam subwoofer gdy na jego wejściu pojawi się sygnał, a wyłączy, gdy przestaniemy korzystać z naszego zestawu.

Rodzaje obudowy.

Spotykamy kilka rodzajów obudowy głośnika subniskotonowego.

1. Przegroda nieograniczona. Spotyka się ją w najprostszych systemach zestawów samochodowych. Posiada bardzo małą sprawność, bowiem trudno jest uzyskać akustyczną izolację przedniej i tylnej strony membrany, tak by fale dźwiękowe nie znosiły się wzajemnie.



2. Obudowa zamknięta. (rys. z lewej) Głośnik zamknięty jest w szczelnej skrzyni, promieniuje tylko przednia część membrany. Dla uzyskania niskiego basu wymagana jest duża obudowa. Charakteryzuje się niską skutecznością. Zaletą jest prostota konstrukcji oraz szybki, impulsowy bas.

3. Obudowa otwarta zwana również obudową z bas refleksem (bass-reflex). (rys. z prawej) Obudowy tego typu mają szerszy zakres częstotliwości od obudowy zamkniętej, mają

także większą skuteczność. Basy są zdecydowanie głośniejsze. Do wad należy większa podatność na uszkodzenie membrany w przypadku dużych głośności, związane jest to z brakiem oporu ciśnienia wewnętrznego. Jest wiele rozwiązań konstrukcyjnych. Głośnik może być skierowany do słuchacza, lub do podłogi. Otwór bas refleksu także może być umiejscowiony na różnych ściankach obudowy.



4. Obudowa pasmowo-przepustowa (band-pass).



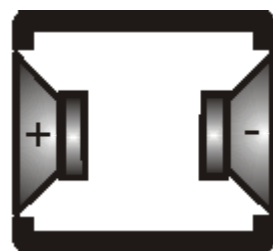
Składa się z dwóch komór, w jednej jest zamknięty głośnik. Druga komora posiada otwór bas refleksu. Innym rozwiązaniem jest wentylowanie także drugiej komory, z tym, że

obie komory mają różną częstotliwość rezonansową. Obudowa taka łączy część zalet obudowy zamkniętej i otwartej. Charakteryzuje się

dobrą skutecznością, lecz większe wymiary i skomplikowana konstrukcja podnoszą koszt subwoofera.



5. Konstrukcja izobaryczna. (rys. z prawej) Jeżeli dwa głośniki poruszają się w ściśle zamkniętej kieszeni powietrznej, w przeciwfazie - jeden pcha, a drugi ciągnie (ang. push-pull) - to taką konstrukcję nazywa się izobaryczną. Często instaluje się głośniki w obudowie pasmowo-przepustowej. Zaletą tego układu jest to, że działa jak jeden wysokosprawny głośnik. Daje to znaczne zmniejszenie obudowy (nawet do 50%). Układ posiada mniejszą skuteczność, ale w dobie wysokosprawnych wzmacniaczy nie jest to problemem.



Który rodzaj obudowy jest najlepszy? Nie ma na to jednoznacznej odpowiedzi. Najczęściej spotykaną jest obudowa z bas refleksem. Obudowy pasmowo-przepustowe powoli zdobywają zwolenników ze względu na wyższą cenę. Obudowy zamknięte mają sporo wad, dlatego nie są częstym rozwiązaniem. Obudowa izobaryczna, ze względu na zwartość konstrukcji znajdzie zastosowanie wszędzie tam, gdzie małe rozmiary grają zasadniczą rolę.

Ustawianie subwoofera w pokoju i jego regulacja tak, aby uzyskać najlepsze efekty, zostały omówione na stronie [Pan Bas](#)

Ogólnie o głośnikach znajdziesz na stronie [Głośniki](#).

Zainteresowanych budową własnego suba odsyłam do literatury. Znajdziecie wiele stron w Internecie na temat budowy w/w urządzenia. Wiele czasopism elektronicznych publikuje szczegółowy opis budowy subwoofera, jeszcze więcej na ten temat znajdziecie w Internecie

Odtwarzacz CD

Compact Disc - płyta kompaktowa - srebrzysty krążek o średnicy 12 cm (czasem 8 cm), i grubości 1.2 mm zrobił oszałamiającą karierę. Została zaprezentowana przez firmy Philips i Sony w roku 1981, na Japońskich Targach Muzycznych jako następca starzejącej się płyty winylowej. W ciągu dwóch lat odtwarzacze CD wprowadzono kolejno na rynek japoński, europejski i amerykański. Drogie początkowo tak odtwarzacze jak i płyty, szybko zyskały popularność, a ich cena stała się przystępna dla większości ludzi. Po zaledwie kilku latach zupełnie wyparty płytę winylową, tak że obecnie są one produkowane w niewielkich ilościach tylko dla hobbystów - melomanów. Co zadecydowało o popularności płyty kompaktowej? Niewątpliwie więcej zalet, niż wad. Na niewielkim, wygodnym w użyciu krążku, można zapisać cyfrowo do 80 minut (obecnie) muzyki. Płyta jest w znacznym stopniu odporna na uszkodzenia mechaniczne, a niewielkie rysy w zasadzie nie pogarszają jakości dźwięku. Koniec z trzaskami i szumami płyty. Koniec z wrażliwością na kurz i tłuste palce.

Parametry odtwarzacza płyt kompaktowych są znakomite:

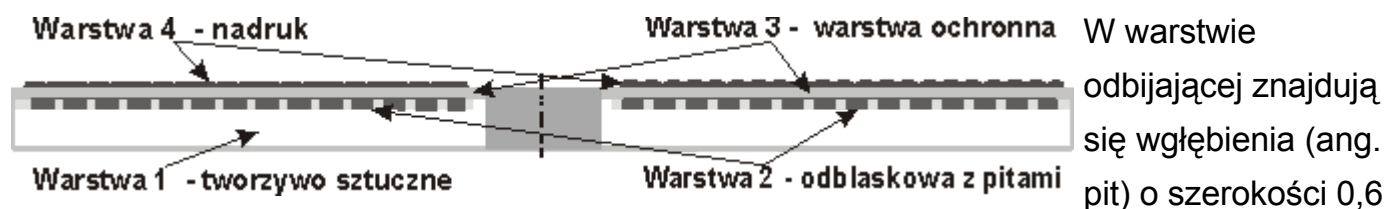
- pasmo przenoszenia częstotliwości 10 Hz - 20 kHz, 0,3 dB,
- dynamika 96 dB, - stosunek sygnału do szumów większy od 90 dB,
- tłumienie między kanałami stereofonicznymi większe niż 90 dB
- zniekształcenia nieliniowe mniejsze niż 0,04%,
- różnice wzmocnienia kanałów mniejsze niż 0,3 dB,
- współczynnik zawartości harmoniczných mniejszy niż 0,005%.

Odtwarzacz daje się zminiaturyzować, tak że można go nosić ze sobą i zautomatyzować, tak że możemy łatwo nim sterować nie podnosząc się z fotela. Jakość muzyki jest doskonała. Ale po zachłyśnięciu się "dźwiękiem cyfrowym" okazało się że dźwięk taki ma też wady.

Zauważono, że dźwięk z płyty kompaktowej, owszem jest dokładny, precyzyjny, ale brakuje mu ciepła i naturalności. Czasem jest zbyt ostry, suchy - po prostu "cyfrowy". Stara płyta analogowa miała tę odrobinę "czaru" którego nie mają płyty kompaktowe. Stało się to impulsem do poszukiwania doskonalszego dźwięku, poprzez poprawę konstrukcji odtwarzaczy, wzmacniaczy, głośników, a także samego procesu nagrywania muzyki w studiach nagraniowych. Dzisiaj, mamy doskonałe odtwarzacze, wzmacniacze i głośniki i okazuje się że płyta kompaktowa osiągnęła kres swoich możliwości. Poszukuje się nowych rozwiązań i obecnie wprowadzane są nowe formaty - DVD-Audio i SACD.

Konstrukcja i działanie odtwarzacza CD

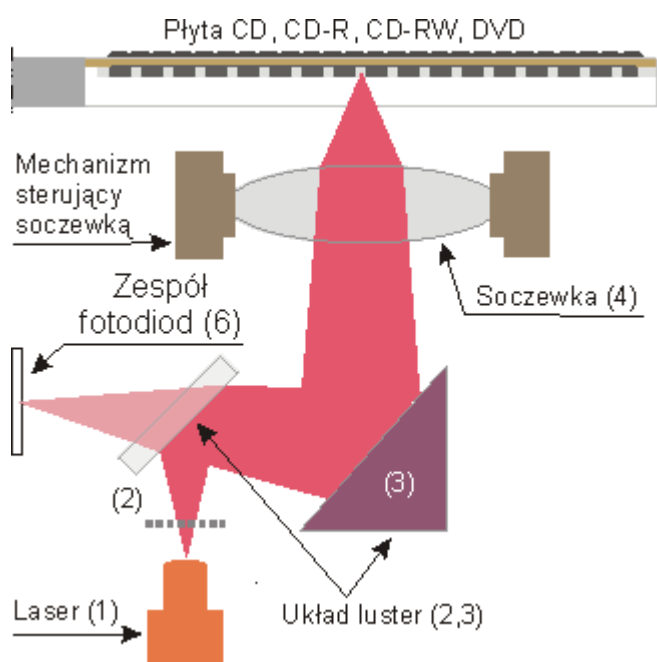
Płyta kompaktowa składa się z 3 warstw. Pierwsza ochronna, licząc od "góry" czyli od warstwy z nadrukiem, ma grubość ok. 30 mikrometrów. Poniżej jest warstwa odbijająca w której jest wytłoczona ścieżka dźwiękowa. Warstwa ta wykonana jest najczęściej z aluminium, srebra, czasem złota. Od strony lasera znajduje się warstwa o grubości ok. 1.2 mm z przezroczystego tworzywa która nadaje kształt i sztywność płycie.



mikrometra i głębokości 0,12 mikrometra. Pity te mogą mieć różną długość. Odstęp między wgłębieniami - a także wgłębienie - wynosi nie mniej niż 0,9 mikrometra. Największa wartość tych wielkości - 3,3 mikrometra. Ciąg wgłębień (pitów) stanowi spiralną ścieżkę od środka płyty do zewnątrz, cyfrowo zapisanej informacji.

Czytanie płyt.

W jaki sposób odbywa się czytanie informacji zapisanej na płycie? Zobaczmy na rysunek obok. Do odczytania informacji na płycie służy głowica, poruszająca się na specjalnych szynach, wzdłuż promienia płyty. W głowicy znajduje się dioda (1) emitująca światło laserowe (bliska podczerwień, długość fali 780 nanometrów), układ optyczny (2, 3, 4), oraz zespół fotodiod odczytujących odbite światło (6). Ponadto fotodiody wraz ze specjalnym elektromechanizmem sterującym soczewką, służą do



kontroli ogniskowania i śledzenia ścieżki. Płyta obraca się ze zmienną prędkością (500 - 200 obr/min.), tak, aby odczyt odbywał się ze stałą liniową szybkością 1.25 m/s.

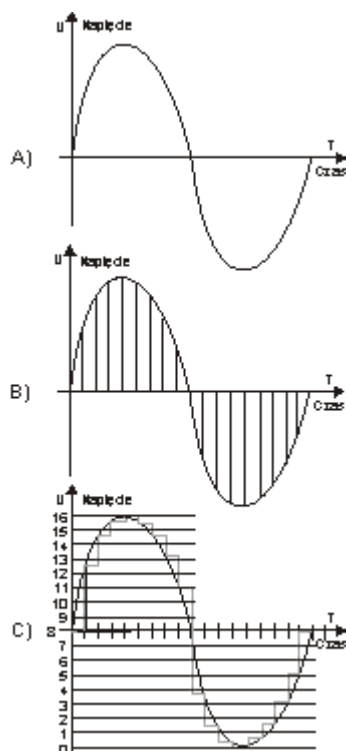
Światło (ciągłe) wyemitowane przez laser (1), poprzez układ lusterek (2,3) i skupione w soczewce (4) do średnicy ok. 1 mikrometra padając na wgłębienia i pola nie zapisane ulega w różnym stopniu odbiciu i polaryzacji. Wracając z powrotem, przechodzi przez lustro półprzepuszczalne (2) i pada na fotodiody odbiorcze (6) gdzie powstaje sygnał modulowany. Logiczne "1" to krawędzie wgłębienia (początek i

koniec każdego wgłębienia). Wzdłuż wgłębień i w polach czystych między wgłębieniami biegną logiczne "0". Ponieważ 1 bit zapisu na płycie zwanego kanałowym zajmuje na ścieżce 0,3 mikrometry, najkrótsze wgłębienie jest odczytywane jako 1001, a najdłuższe - 100000000001. Odczytany sygnał cyfrowy jest wzmacniany a następnie poddawany demodulacji, korekcji błędów, rozdzielany na dwa kanały i dopiero wtedy zamieniany w przetworniku cyfrowo-analogowym na sygnał analogowy. Stąd, po wzmacnieniu podawany jest na gniazda wyjściowe. Wartość napięcia sygnału wyjściowego (analogowego) wynosi około 2 V (1.6-3V). Na podobnej zasadzie odbywa się czytanie płyt DVD, z tym że długość światła lasera jest krótsza (światło czerwone, 650 lub 635 nm) a ścieżki są bardziej upakowane.

W nagrywarkach mechanizm jest podobny. Podczas nagrywania zwiększa się moc lasera, a jego światło jest modulowane w takt zapisywanego sygnału. Powracające światło, padające na fotodiody (6) służy wtedy do kontroli ogniskowania i korekcji ścieżki. Do odczytu służy ten sam układ, laser emituje światło ciągle o mniejszej mocy.

Jak zamienić analogowy dźwięk na pity?

Fala dźwiękowa, która trafia do mikrofonu podczas nagrywania, zamieniana jest na impulsy prądu, zmieniające się w takt muzyki czy mowy. W analogowym torze, impulsy prądu zapisane np. na magnetofonie (analogowo) podczas słuchania wzmacniane są przez wzmacniacz i zamieniane z powrotem na dźwięk w kolumnach głośnikowych. Lecz aby sygnał analogowy zamienić na wartość cyfrową, trzeba zastosować bardziej skomplikowaną metodę. Jesteśmy przyzwyczajeni do wykonywania wszelkich obliczeń w systemie dziesiętnym. W układach elektronicznych system ten jest bardzo niedogodny, dlatego stosuje się system dwójkowy. Na czym on polega? Najkrócej mówiąc na tym, że rozróżniamy tylko dwie liczby: 0-1, a w elektronice dwa stany: włączony - wyłączony, obwód otwarty - zamknięty, napięcie wysokie - niskie. Elektronika cyfrowa i komputery bazują wyłącznie na tym systemie. Dowolną liczbę dziesiętną można przedstawić w postaci dwójkowej, w postaci tylko dwóch cyfr: 0 i 1. I tak np. liczba 2 w systemie dwójkowym to 10, liczba 10 to 1010, a liczba 16 to 10000. Tak jak w systemie dziesiętnym wykonuje się wszelkie działania matematyczne, dodawanie, odejmowanie, mnożenie itp.



1. Jak wiemy, sygnał analogowy ma jakąś wartość ciągle zmieniającego się napięcia. Na rysunku obok będzie to przykładowo fragment sinusoidy (A). Wartość napięcia stałego możemy zmierzyć np. multimetrem. Ale sygnał dźwiękowy ciągle zmienia swą wartość. Dlatego, aby zmierzyć wartość sygnału w danej, bardzo krótkiej chwili stosuje się tzw. próbkowanie. Za pomocą specjalnych układów elektronicznych odczytywana jest wartość napięcia w bardzo krótkiej chwili - im krótszej tym dokładniej. Sygnał próbkowany jest zapamiętywany na taki okres, by można było go kwantować i kodować. Podczas nagrywania płyty kompaktowej sygnał dźwiękowy próbkowany jest z częstotliwością 44.1 kHz, czyli jego wartość odczytywana jest 44100 razy na sekundę. Próbkowanie musi odbywać się w równych odstępach czasowych, wyznaczanych przez zegar kwarcowy o dużej dokładności. Na rysunku poniżej (B) sygnał jest spróbkowany 18 razy, co oczywiście jest ogromnym uproszczeniem.

Częstotliwość próbkowania może być różna dla różnych zastosowań. Spotykane są częstotliwości 32 kHz dla tunera satelitarnego, 44.1 kHz dla płyty CD i Minidisc, 48 kHz dla rejestratorów DAT, w nowych technologiach DVD-Audio 92 i 192 kHz, a w przypadku SACD aż 2,822 MHz.

2. Każda próbka ma jakąś wartość. Odczytana wartość próbki zamienia jest na postać cyfrową w układzie dwójkowym. Operację tę nazywa się kwantowaniem. Jak wiemy, każdą wartość fizyczną możemy podać z różną dokładnością. Mówimy że sygnał ma wartość około 2V, lub po zmierzeniu dokładnym przyrządem okaże się że ma wartość np. 1.99876V. Podobnie jest z poziomem dokładności kwantowania. Jeżeli zmierzona wartość wyrazimy za pomocą 4 cyfr zerojedynkowych to mówimy, że wartość została wyrażona za pomocą słowa 4-bitowego (bit, jest to pojedyncza, podstawowa wartość, np. 1 lub 0, nie mylić z bajtem - jest to zestaw 8 bitów). Oczywiście, im odczytana wartość jest przedstawiona z większą dokładnością, tym więcej bitów będzie zawierało słowo. Do odczytywania wartości próbkowanego sygnału przyjęto, że w technice CD odbywać się to będzie z dokładnością (rozdzielczością) słowa 16 bitowego, co daje dokładność 65 536 poziomów. Kwantowanie jest obarczone zasadniczą wadą. Ponieważ sygnał zmienny ma nieskończoną ilość chwilowych wartości, to każdy pomiar i następnie jego przeliczenie (czyli kwantowanie) będzie tylko wartością przybliżoną. Jak widzimy na rysunku (C) sygnał po kwantowaniu nie przypomina sinusoidy lecz schody. Do tego odczytana wartość jest przyporządkowana do najbliższej wartości poziomu (na rysunku przyporządkowana do najbliższej wartości jednego z 16 poziomów kwantowania). Oczywiście rysunek pokazuje to w uproszczeniu, ale faktem jest że niedokładności kwantowania dają szum, zwany szumem kwantyzacji. Kwantowanie z większą dokładnością (20 lub 24 bit), dające dużo mniejszy szum jest podstawą działania DVD-Audio.

Zakodować muzykę

Metoda przekształcania sygnału analogowego na cyfrowy nazywana jest modulacją impulsowo-kodową (Pulse Code Modulation), w skrócie PCM. Na krążku CD informacja cyfrowa zapisana jest w sposób bardzo skomplikowany. Otrzymane sygnały PCM lewego i prawego kanału są multipleksowane, czyli połączone w jeden strumień bitów. Następną operacją jest przekształcenie sygnału cyfrowego, odpowiadającego dwóm sygnałom fonicznym, w nową postać ułatwiającą później korekcję błędów odczytu. Proces ten nazywa się dekodowaniem Reeda-Solomona z poprzecznym przeplataniem, CIRC (Cross-Interleave Reed-Solomon decoding). Kod CIRC umożliwia odtworzenie zapisu nawet wówczas, gdy nie będzie odczytanych 3500 kolejnych bitów, (odpowiada to odcinkowi ścieżki o długości 2.5 mm) co pozwala na uniknięcie błędów odczytu w wypadku zabrudzenia czy zarysowania płyty. Proces tego kodowania obejmuje trzy operacje: - podział słów 16-bitowych na operacyjne słowa 8-bitowe i zakodowanie ich w słowach 14-bitowych, - przeplatanie (interleaving), - dodanie 8-bitowych słów parytetowych. System dokonuje podziału danych na porcje zwane ramkami, blokami, czy pakietami, które zostają oznaczone odpowiednim sygnałem rozpoznawczym w celu ułatwienia dekodowania. Każda ramka zawiera po 12 słów 16-bitowych, w której zapisane są bity danych, korekcji błędów, sygnału sterowania, synchronizacji oraz bity łączące i scalające. Uff... mocno to wszystko skomplikowane. Nie będę omawiał wszystkich szczegółów, zainteresowanych odsyłam do literatury fachowej

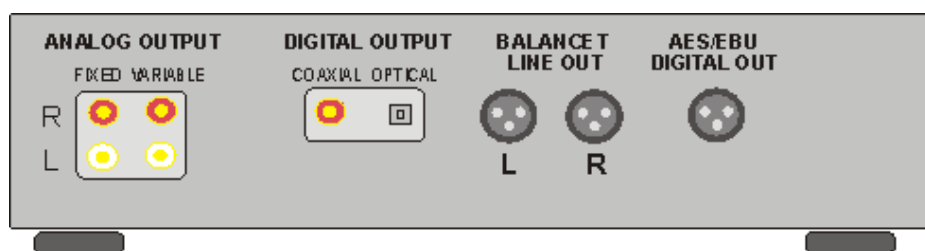
(zobacz : "Bibliografia"). Dla nas, słuchaczy wystarczy jeżeli odczytywanie płyt będzie odbywało się precyzyjnie i dokładnie.

Korygowanie w locie...

Zapis w formacie CD, zawiera oprócz danych muzycznych także dane korekcyjne. Bity korekcyjne zajmują znaczną część zapisanej na płycie informacji. Jest to spowodowane tym, że odczyt przebiega w czasie rzeczywistym, laser i układ przetwarzający nie mają możliwości powrotu i ponownego odczytu błędnie, czy źle zapisanej ścieżki. Odtwarzanie nie może być przerwane. Za prawidłowe odtwarzanie odpowiedzialny jest proces dekodowania CIRC o którym wspomniałem powyżej. W momencie gdy układ czytający na skutek zabrudzenia czy zarysowania płyty nie może odczytać danych do pracy przystępuje korekcja błędów. Możliwe są trzy sytuacje.

1. Błąd może być skorygowany - dzieje się tak w większości przypadków. Specjalny algorytm analizuje dane i uzupełnia brakujące. Nie słyszymy nieprawidłowości w odtwarzaniu.
2. Jeżeli nie da się uzupełnić sygnału za pomocą danych korekcyjnych, sygnał jest interpolowany, czyli uzupełniany. Odtwarzacz tworzy wtedy nową próbkę, która łączy dwie sąsiednie, prawidłowo odczytane. Czasami słyszymy trzask w głośnikach.
3. Jeżeli uszkodzenie ścieżki jest duże, układ korekcyjny nie może ani skorygować, ani interpolować danych. W głośnikach słychać wtedy chwile ciszy lub przeskakowanie. Nawet dobrej jakości płyta nie jest wolna od błędów, lecz układ korekcyjny daje sobie z nimi doskonale radę i my nie słyszymy pogorszenia jakości dźwięku.

Odtwarzacze.



Większość odtwarzaczy ma wyjścia analogowe, dla lewego i prawego kanału. Gniazda są typu RCA popularnie zwane "Cinch" (niesymetryczne,

sygnał "gorący" i masa). Spotyka się także podwójne gniazda wyjściowe RCA, z których jedno ma regulowany poziom sygnału. Regulacji dokonuje się potencjometrem na przednim panelu odtwarzacza lub pilotem. Takie rozwiązanie doskonale sprawdza się przy podłączeniu odtwarzacza bezpośrednio do końcówki mocy lub słuchawek. Odtwarzacz ma także pojedyncze gniazdo wyjścia cyfrowego, (tzw. Koaksjalne) z którego pobierać możemy sygnał cyfrowy. Jest to sygnał cyfrowy wzmacniony, po demodulacji i korekcji błędów, lecz nie przetworzony w przetworniku c/a. Wyjście cyfrowe ma impedancję 75 omów, i używamy go do łączenia odtwarzacza z nagrywarką płyt CD-R, Minidiskiem, zewnętrznym przetwornikiem cyfrowo-analogowym, lub - w przypadku kina domowego - przetwornikiem c/a wbudowanym we wzmacniacz (amplituner). Kabel cyfrowy (interkonekt) wygląda podobnie jak interkonekty typu "chinch", lecz powinien mieć impedancję 75 omów, a jego budowa jest taka jak

telewizyjnego koncentrycznego kabla antenowego. Często spotykamy także gniazdo optyczne (najczęściej typu Toslink), w którym możemy pobrać sygnał cyfrowy zamieniony przez diodę LED na postać impulsów świetlnych. Zastosowanie wyjścia optycznego, jest takie jak cyfrowego, natomiast połączenia dokonujemy za pomocą światłowodu. W droższych odtwarzaczach sygnał cyfrowy może też być podawany na wyjście AES/EBU, będące wyjściem symetrycznym. Używa się gniazda typu XLR, o impedancji 110 omów. Wszystkie wyjścia cyfrowe korzystają z protokołu cyfrowej transmisji - SPDIF.

16, 20, 24 bity.

Do zapisu dźwięku na płytach kompaktowych używa się próbkowania z częstotliwością 44.1 kHz i rozdzielczością 16 bitową. Pasma przenoszenia zostało ograniczone za pomocą filtru antyaliasingowego do 22.05 kHz. Początkowo sądzono, iż taki format zapisu będzie wystarczający, lecz okazało się, że w miarę rozwoju technologii przetwarzania dźwięku, wychodzą na jaw pewne niedoskonałości tego formatu. Przeprowadzone badania psychoakustyczne dowodzą, że ograniczenie pasma przenoszenia odtwarzacza do 22 kHz to za mało. Obecność wyższych składowych sygnału, w zakresie 20 kHz - 50 kHz poprawia przenoszenie stanów przejściowych i krótkich impulsów obecnych zwłaszcza we współczesnych nagraniach muzycznych. Drugi problem związany jest z dynamiką dźwięku. Zakres czułości ludzkiego słuchu, czyli różnica pomiędzy słyszalnym najcichszym a najgłośniejszym dźwiękiem (dynamika) wynosi około 120 dB. Idealny system zapisu powinien charakteryzować się takim samym zakresem dynamiki. Obecnie stosowany standard zapisu 16-bitowego zapewnia dynamikę około 96 dB. Istnieją różne sposoby podniesienia dynamiki sygnału, lecz najlepszym rozwiązaniem byłoby zwiększenie dokładności kwantyzacji do 24 bitów. W technice studyjnej stosuje się ją już od dawna, natomiast w sprzęcie domowego użytku zmiana standardów dopiero następuje (DVD-Audio). Producenci odtwarzaczy CD proponują różne usprawnienia. Sygnał zapisany 16-bitowo jest obrabiany w odtwarzaczu za pomocą specjalnych algorytmów, symulujących zapis 20, a nawet 24 bitowy i dopiero podawany na przetwornik c/a. Uzyskuje się przez to polepszenie przestrzenności, czystości i szczegółowości dźwięku oraz przywrócenie mu pierwotnego ciepła i barwy brzmienia. Metody poprawy jakości odtwarzania są różne i różne mają nazwy: procesor ALPHA firmy Denon, system SBS firmy Sony, system Legato Link Pioneera, system FPCS firmy Onkyo, Pro-Bit Yamaha, itp.

HDCCD (High Definition Compatible Digital)

Jest to opracowany przez amerykańską firmę Pacific Microsonics, sposób zapisu płyty pozwalający poprawić niektóre parametry bez utraty kompatybilności ze standardem CD. Kompatybilność jest obustronna, co oznacza, że zwykłe odtwarzacze, które nie zostały wyposażone w dekodery HDCCD mogą odczytywać płyty HDCCD. Dodatkowe informacje są "zatopione" w samym sygnale fonicznym. Odtwarzacz bez dekodera odczytuje ten dodatkowy sygnał jako bardzo cichy szum, maskowany jednak przez sam sygnał. Według firmy Pacific

parametry kodowania są całkowicie niesłyszalne. Płyty nagrane z kodem HDCD są rozpoznawane przez odtwarzacz w którym zainstalowano dekodery, automatycznie. Odczyt tak nagranej płyty jest sygnalizowany najczęściej zapaleniem się diody, widocznej na panelu odtwarzacza. Procesor HDCD podczas nagrywania wykorzystuje różnego rodzaju filtry, dzięki czemu uzyskujemy dźwięk o większej dynamice i jakości.

Odtwarzacz DVD

Rok 1999 nazywany jest często „Rokiem płyty DVD”, bowiem w tym roku miała miejsce premiera nowego formatu - cyfrowego zapisu obrazu i dźwięku na płycie DVD.

Wszyscy znamy wady analogowego zapisu obrazu i dźwięku na taśmach magnetycznych VHS. Przeciętna jakość obrazu, malejąca za kolejnym odtworzeniem kasety, wrażliwość na temperaturę, pole magnetyczne, ograniczony czas przechowywania. Każda kolejna kopia jest niższej jakości. Ponieważ zapis cyfrowy, szczególnie obrazu, potrzebuje zapisania ogromnych ilości informacji w postaci ciągu zer i jedynek, nie było wystarczająco pojemnego nośnika, na którym można zapisać cyfrowo film wraz z dźwiękiem. Dwugodzinny film wymaga bowiem aż 204 GB, czyli zajmowałby 321 płyt CD! Zapis filmów na Laserdisc (LD) ze względu na więcej wad niż zalet wolno torował sobie drogę do klientów i wreszcie umarł śmiercią naturalną. Dopiero opracowanie wydajnych sposobów kompresji obrazu i dźwięku, oraz skonstruowanie odtwarzaczy z laserem o krótszej fali, co pozwoliło na zmniejszenie ścieżki, dało możliwość cyfrowego zapisu 130 minut obrazu i dźwięku na płycie takiej samej wielkości jak płyta CD. Tak powstał format **DVD** czyli wszechstronny dysk cyfrowy (*Digital Versatile Disc*).

Cechy.

Wyglądem, płyta DVD nie różni się od płyty CD. Posiada średnicę 12 cm i grubość 1.2 mm. Może też mieć średnicę 8 cm.

Ponieważ DVD był pomyślany do zapisu pełnometrażowych filmów z wysoką jakością, przewidziano następujące cechy systemu:

- możliwość zapisu 8 różnych ścieżek dźwiękowych w różnych formatach oraz 32 różne warianty językowych napisów dialogowych.
 - możliwość odtwarzania obrazu telewizyjnego w różnych formatach.
- Podstawowe trzy formaty to format panoramiczny 16:9, obraz Letterbox oraz Pan&Scan (patrz „Słownik”). Dzięki takim właściwościom systemu DVD płyty z filmem dowolnego formatu (panoramiczne lub 4:3) mogą być odtwarzane na dowolnych

odbiornikach telewizyjnych.

- możliwość wyboru kąta widzenia kamery w czasie oglądania filmu (o ile reżyser filmu przewidział taką możliwość-),
- możliwość wyboru różnych wątków filmu, (np. różne wersje zakończenia) o ile tak został zarejestrowany film.
- odtwarzacz może służyć także do gier telewizyjnych.
- zabezpieczenie przed dziećmi. Wymaganie wynika z regulacji prawnych obowiązujących w niektórych krajach. Odtwarzacze są wyposażone w blokadę dostępu opartą na czterocyfrowym kodzie.

Regiony.

W przemyśle filmowym premiery różnych filmów odbywają się na świecie w różnych terminach. Również w różnych terminach odbywają się premiery filmów na kasetach jak i na płytach DVD. Aby uniemożliwić obejrzenie filmu w np. w Europie razem z Amerykanami, podzielono świat na 6 regionów. Kodem regionalnym oznaczona jest tak płyta jak i odtwarzacz. Aby móc oglądać film przeznaczony dla Europy, musimy mieć tak odtwarzacz DVD przeznaczony dla Europy, jak i film. Jest to uciążliwe i nonsensowne rozwiązanie, dlatego wiele firm produkujących odtwarzacze pozwala na zmianę regionu, a nawet produkuje je w systemie tzw. multiregion (made in China). Ponadto wielu „młodych zdolnych” potrafi usunąć regionalizację naszego odtwarzacza DVD za niewielką kwotę.

Numery stref, oraz odpowiadające im regiony geograficzne przedstawiają się następująco:

Nr regionu	Obszar
1	Kanada, Stany Zjednoczone
2	Japonia, Europa, RPA, Kraje Bliskiego Wschodu, Egipt
3	Południowo-wschodnia Azja, Wschodnia Azja, Hongkong
4	Australia, Nowa Zelandia, Oceania, Centralna i Południowa Ameryka, Wyspy Karaibskie
5	Kraje byłego Związku Radzieckiego, Indie, Afryka, Północna Korea, Mongolia
6	Chiny

Rodzaje płyt DVD.

Standard DVD określa cztery odmiany płyt o takich samych rozmiarach zewnętrznych, ale o różnej pojemności:

DVD-5 - dysk jednostronny, jednowarstwowy o pojemności 4.7 GB co pozwala na zapis ponad 2 godziny filmu. Jest podstawowym rodzajem płyty, wystarczającym do zapisu pełnometrażowego filmu z towarzyszącym dźwiękiem. Od płyty CD różnią ją mniejsze rozmiary pitów i odległości między ścieżkami, a także to, iż warstwa odbłaskowa z zapisaną informacją znajduje się w odległości 0.6 mm od powierzchni, (w połowie grubości płyty),

podczas gry w płycie CD odległość wynosi 1.2 mm.

DVD-9 - dysk jednostronny, dwuwarstwowy o pojemności 8,5 GB (ponad 4 godz. filmu). Płyta zawiera dwie warstwy (layers) oddalone od siebie o około 40-70 mikrometrów. Warstwa położona bliżej powierzchni dysku (layer 1) jest wykonana z materiału częściowo przepuszczającego promień lasera. Warstwa 2 (layer 2) całkowicie odbija światło lasera, i jest czytana w drugiej kolejności.

DVD-10 - dysk dwustronny, jednowarstwowy o pojemności 9,4 GB (ponad 4.5 godziny filmu). Na każdej stronie zapisane jest 4,7GB informacji. Odtworzenie materiału zapisanego na drugiej stronie wymaga (z reguły) przełożenia płyty na drugą stronę.

DVD-18 - dysk dwustronny, dwuwarstwowy o pojemności 17GB (ponad 8 godzin filmu). Zawiera cztery warstwy nośnika, z których dwie są półprzepuszczalne, a dwie całkowicie odbijają padający promień lasera.

Najtrudniejsza jest produkcja płyt dwustronnych, dwuwarstwowych (17 GB). Wytwarza się je z dwóch oddzielnie przygotowanych płyt o grubości 0,6 mm odpowiednio sklejonych ze sobą. Jako spoiwa wykorzystana jest specjalna odmiana fotopolimeru. Po połączeniu ze sobą obu części płyty, zawarte między nimi spoiwo utwardza się wstępnie za pomocą promieni ultrafioletowych, a następnie dociska z dużą siłą.

Zatrzęsienie formatów.

Płyty formatu DVD możemy podzielić jeszcze ze względu na przeznaczenie.

DVD-Video - służą do odtwarzania filmów nagranych przez wyspecjalizowane firmy.

DVD-Audio - do odtwarzania nagrań muzycznych wykonanych przez wyspecjalizowane firmy.

DVD-ROM - jako pamięci zewnętrzne o dużych pojemnościach do zastosowań audiowizualnych w komputerach.

DVD-RAM - do wielokrotnego (ponad 10 tys. razy) nagrywania przez użytkownika zapisywania danych komputerowych. Mniej nadają się do zastosowań audiowizualnych, chociaż nagrania mogą być dokonywane. Odtwarzanie za stacji DVD komputera lub odtwarzacza stacjonarnego wyposażonego w tę opcję.

DVD-R - do zapisywania (jednokrotnego) danych komputerowych lub audiowizualnych (np. programu komputerowego lub filmu). Odtwarzanie na komputerze i odtwarzaczu DVD stacjonarnym wyposażonym w taką opcję.

DVD-RW - format proponowany przez Pioneer, do wielokrotnego nagrywania audiowizualnego na nagrywarkach stacjonarnych (lub komputerowych) programów i filmów. Płyta formatu DVD-RW jest częściowo zgodna z formatem DVD-Video i może być odtwarzana na „zwykłym” odtwarzaczu stacjonarnym DVD pod warunkiem że posiada taką opcję (nowsze).

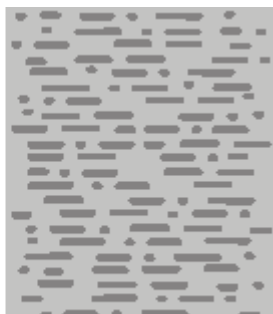
DVD+RW - format zapisu płyt DVD wielokrotnego użytku proponowany przez Philipsa i wiele innych firm. Jest najbardziej zgodny z formatem DVD-Video, może być odtwarzany praktycznie na każdym odtwarzaczu DVD-Video.

Jak widzimy bałagan jest ogromny, trudno połapać się w tych rodzajach, formatach, a co najgorsze płyta nagrana w jednym z formatów nie zawsze może być odczytana na odtwarzaczu który akurat mamy w domu. Wprawdzie producenci odtwarzaczy wyposażają odtwarzacze w możliwość odtwarzania w wielu formatach, lecz znacznie podnosi to koszty. Więcej o nagrywaniu płyt DVD w rozdziale „Mamy w planie nagrywanie”.

Format zapisu.



Płyta CD



Płyta DVD

Podobnie jak to ma miejsce na płycie CD zapis dokonany jest w postaci spiralnej ścieżki biegnącej od środka krążka do zewnątrz. Przybiera on formę wgłębień (pitów) i pól (landów), gdzie promień lasera odczytuje przejścia pomiędzy wgłębieniem a polem. Różnica pomiędzy formatami polega na tym, iż w formacie CD laser ma długość fali 780 nm. (bliska

podczerwień), natomiast do odczytu płyty DVD używa się lasera emitującego światło o fali krótszej - 635 lub 650 nm. (światło czerwone). Krótsza fala pozwala na zmniejszenie plamki, tak, że do zapisu i odczytu informacji można użyć o wiele mniejszych pitów i węższej ścieżki. Daje nam to ponad siedmiokrotne powiększenie pojemności płyty - z dotychczasowych 0.65 GB do 4.7 GB. Użycie wielu warstw pozwala na dalsze powiększenie pojemności, nawet do 17 GB.

Kolejna różnica pomiędzy formatami to różne standardy zapisu informacji. Płyta CD zapisana jest w formacie PCM (Pulse Code Modulation), gdzie informacja w postaci ciągu zer i jedynek za pomocą specjalnych algorytmów jest zamieniana na ciąg wgłębień wytłoczonych (wypalonych) na płycie patrz „Technika CD”)

Obraz ruchomy.

Na krążku można zapisać obraz w systemie PAL lub NTSC. Dla systemu PAL mamy do dyspozycji rozdzielczości 720 x 576, 352 x 567, 352 x 288. Dla NTSC przewidziano rozdzielczości 720 x 480, 352 x 480 oraz 352 x 240. Producenci płyt najczęściej korzystają z najwyższych rozdzielczości by uzyskać jak najlepszą jakość obrazu.

Do zapisu obrazu na płycie DVD używa się standard MPEG-2, opracowany przez niemiecki Instytut Fraunhofera (patrz „MP3”). Standard ten pozwala na takie skompresowanie sygnału video, że można pomieścić dwugodzinny film na krążku o średnicy 12 cm. Sam proces kompresji sygnału jest procesem skomplikowanym, długotrwałym i wymaga mocnych komputerów. Dopuszczane są tylko dwa formaty obrazu: 4 x 3 i 16 x 9 (anamorficzny). Inne formaty są (np. Letterbox), „dopasowywane” do obowiązujących.

Dźwięk.

Oprócz ścieżki filmowej na dysku mieści się zwykle sześć (maksymalnie 8) niezależnych kanałów dźwiękowych. Mogą one być zapisane w różnych formatach:

1. LPCM czyli Linear Pulse Code Modulation - jest to udoskonalony format PCM który jest stosowany w odtwarzaczach CD. LPCM stanowi strumień nieskompresowanych danych o częstotliwości do 96 kHz i o rozdzielczości 16, 20 lub 24 bitów. Maksymalna przepustowość danych - 6,1 Mb/s. Najczęściej korzysta się z tego formatu przy zapisie koncertów w systemie dwukanałowym (stereofonicznym).

2. Dolby Digital (AC3) opracowany przez Dolby Laboratories (Anglia) to system kodowania dźwięku przede wszystkim dla potrzeb przemysłu filmowego. Sygnały są skompresowane aż dwunastokrotnie. Częstotliwość próbkowania 48 kHz/16bit. Maksymalna przepustowość 640 Kb/s. AC3 wykorzystuje pięćpełno pasmowych kanałów (2 główne, centralny, dwa tylne) oraz szósty - kanał basowy przetwarzający dźwięki w paśmie do 120 Hz. Taki system zapisu dźwięku oznacza się często jako 5.1.

3. DTS (Digital Theater Sound). Jest to format proponowany przez firmy związane ze Stevenem Spielbergiem. Podobnie jak AC3 używa 6 kanałów w systemie 5.1. Jego zaletą jest czterokrotnie mniejsza kompresja danych (3:1), dzięki temu jakość dźwięku jest lepsza. Częstotliwość próbkowania 48 kHz, próbkowanie 16 bitów, a maksymalna przepustowość danych 1378 Kb/s.

4. MPEG Multichannel. Jest o system alternatywny do AC3, ma jednak możliwość kodowania większej liczby kanałów, nawet do 8 (system 7.1). Częstotliwość próbkowania 48 kHz, rozdzielczość 16 bitów, maksymalna przepustowość danych 1378 Kb/s. Nie zyskał uznania producentów filmowych.

5. Sony opracowało **SDDS** (*Sony Dynamic Digital Sound*), który może być rozbudowany do 7 pełno zakresowych kanałów i 1

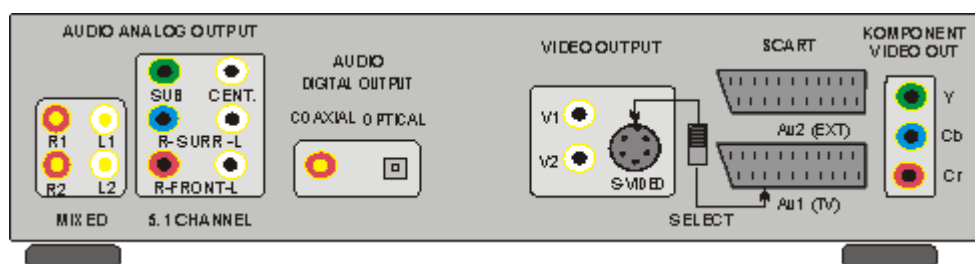
basowego. Filmy w tym formacie z trudnością przebijają sobie drogę.

Cudowne mnożenie.

Producenci sprzętu rozszerzają ilość kanałów. Obecnie Dolby proponuje już wersję **EX**, rozszerzoną o jeszcze jeden tylny głośnik centralny (sześć pełnopasmowych kanałów i jeden basowy - 6.1). Podobnie DTS, który nowy system nazwał **DTS-ES**. Norma THX Surround EX przewiduje zastosowanie 8 głośników w systemie 7.1.

Ilość kanałów i głośników można mnożyć - Tomlinson Holman, twórca THX, proponuje użycie 10 kanałów pełnopasmowych, dwóch kanałów basowych (10.2) i rozmieszczenie aż 14 głośników w pokoju - w tym dodatkowych dwóch przednich, umieszczonych pod sufitem. Podobno system jakością dźwięku powala na nogi. Powalić na nogi może nas także cena takiego systemu, a wśród takiej ilości głośników będziemy się czuli jak w sklepie.

Odtwarzacz uniwersalny.



Każdy odtwarzacz DVD czyta także muzyczne płyty CD. Kłopoty pojawiają się podczas odczytywania płyt CD-R, bowiem niektóre barwniki zawarte w tych

płytach powodują że płyta jest nierozpoznawalna dla lasera odtwarzacza. Związane jest to z inną długością fali światła lasera i pochłanianie jej przez warstwę barwnika. Odtwarzacz z kolei bezproblemowo czyta płyty CD-RW. Takich problemów nie stwarzają odtwarzacze z podwójną głowicą optyczną, z laserami o fali 780 i 635 nm.

Obecnie, gdy pojawiło się wiele płyt DVD nagranych w wielu formatach, jak DVD-R, DVD-RW, DVD+RW, DVD-Audio, producenci poszerzając możliwości swoich (szczególnie tych droższych) odtwarzaczy, produkują je z możliwością odtwarzania wielu formatów. Istnienie tylu formatów DVD powoduje że czujemy się zagubieni w ich gąszczu.

Pocieszającym jest fakt, iż ceny odtwarzaczy "spadają na łeb na szyję", tak że za cenę 150-500 zł kupimy odtwarzacz bogato wyposażony w możliwość odtwarzania wielu formatów. Ponadto, mimo niskiej ceny, oferowana jakość tak obrazu jak i dźwięku jest bardzo dobra.

[na rysunku - komplet wyjść współczesnego odtwarzacza DVD]

Podsumowanie:

Płyta DVD wygląda podobnie jak CD lecz ma aż siedmiokrotnie większą pojemność. Stało się to możliwe dzięki stosowaniu światła lasera o krótszej fali, (mniejsza plamka światła) co pozwala na zmniejszenie szerokości ścieżki i gęstsze upakowanie pitów. Możliwe jest stosowanie 4 warstw odbijających z zapisaną informacją, co zwiększa pojemność aż do 17

GB.

Płyta DVD nagrana „fabrycznie” ma część wizyjną nagraną w formacie **MPEG-2**, natomiast dźwięk (najczęściej sześciokanałowy) może być nagrany w formatach **AC-3** lub **DTS**.

Ponieważ trwa walka konkurencyjna, być może już niedługo pojawią się nowe, lepsze formaty zapisu tak obrazu jak i dźwięku wielokanałowego.

THX nie jest formatem zapisu dźwięku czy obrazu, lecz zespołem norm opracowanych przez Tomlisona Hollmana. Zachowanie tych norm tak podczas zapisu płyty jak i jej odtwarzania gwarantuje wysoką jakość obrazu i dźwięku.

Dolby Surround, Dolby ProLogic i Dolby ProLogic II są analogowym sposobem zapisu dźwięku wielokanałowego umieszczonym na „normalnej” ścieżce stereofonicznej. Używa się go przy odtwarzaniu kaset video (jeśli są nagrane w tym systemie) i niektórych programów telewizyjnych.

DVD-Audio vs. SACD

DVD-Audio.

Nowy, wysokojakościowy format dźwięku cyfrowego nazywa się **Digital Audio Disc (DAD)** a zapisu dokonuje się na płycie **DVD-Audio**. O ile płyta DVD-Video ma służyć do odtwarzania filmów z wielokanałową ścieżką dźwiękową, to DVD-Audio ma służyć wyłącznie do odtwarzania muzyki. DVD-Audio ma być bezpośrednim następcą płyty kompaktowej, której rozwiązania techniczne powoli starzeją się. Dotyczy to szczególnie częstotliwości próbkowania i długość słowa kwantyzacji. Próbkowanie z częstotliwością 44.1 kHz ogranicza pasmo przenoszenia odtwarzacza CD do 22 kHz. Mimo że człowiek nie jest w stanie usłyszeć bezpośrednio częstotliwości wyższych niż 20 kHz, to badania wykazały, iż wyższa częstotliwość (nawet do 40 kHz) odgrywa znaczną rolę w postrzeganiu wysokiej jakości brzmienia muzyki a szczególnie w odwzorowaniu obrazu stereofonicznego. Ponadto dynamika słuchu ludzkiego (czyli rozpiętość między słyszeniem najcichszych i najgłośniejszych dźwięków) wynosi 120 dB, podczas gdy dynamika możliwa do uzyskania w odtwarzaczu CD wynosi ok. 90 dB.

W latach osiemdziesiątych dwudziestego wieku, kiedy opracowywano format CD, długość słowa 16 bitowego, gdzie próbka może przyjąć jedną z 65 536 wartości wydawała się wystarczająca. Z czasem okazało się że zapis formatu 44.1kHz/16 bit ma wiele wad i ograniczeń.

Projektanci sprzętu cyfrowego audio wysokiej jakości wiedzieli że najprościej jakość dźwięku można polepszyć, zwiększając tak częstotliwość próbkowania jak i liczbę bitów. Jednak przy ograniczonej do 650 MB pojemności płyty zmniejszyłoby to drastycznie czas odtwarzania muzyki. Dlatego stosuje się różne metody poprawy jakości dźwięku. Przede wszystkim należy wykonać dobry mechanizm napędowy odporny na drgania i skutecznie tłumiący szkodliwe rezonanse, stosować najwyższej jakości elementy i podzespoły elektroniczne. Stosuje się

także 20 lub 24 bitowe przetworniki a/c i c/a, metodę *ditheringu*, kształtowania szumu kwantyzacji, (zob. „Słownik”) oraz skomplikowane algorytmy obróbki danych cyfrowych przy zastosowaniu procesorów sygnałowych. Metody te w zależności od firmy miały różne rozwiązania, (i nazwy) lecz ich zadaniem było zmniejszyć szumy, *jitter*, (zob. „Słownik”) zniekształcenia amplitudowe, częstotliwościowe i fazowe oraz poprawić dynamikę i poszerzyć pasmo przenoszenia. Dla nas, słuchaczy, rozwiązania takie oznaczały polepszenie przestrzenności, czystości i szczegółowości dźwięku. Przywracały także pierwotne ciepło i barwę dźwięku.

Z chwilą wprowadzenia DVD i płyt o wielokrotnie większej pojemności (zob. rozdział „DVD”) postanowiono wprowadzić oddzielny format do zapisu muzyki. Dźwięk na płytach DVD, jak wspomniałem zapisywany jest za pomocą kompresji stratnej, gdzie część informacji, mniej ważnej jest odrzucana i bezpowrotnie tracona. Dla efektów kinowych zapis taki jest wystarczający, lecz dla wymagających melomanów już nie. Jeżeli nowy format miałby odnieść sukces, musi to być format spełniający najwyższe wymagania. Dlatego przyjęto oddzielny format do zapisu muzyki - DVD-Audio.

96 kHz/24 bity to podstawa.

Układ napędowy, laser, płytę stosuje się taką jak w DVD-Video. Natomiast muzykę można zapisać w dwóch kanałach dźwiękowych bez kompresji w formacie LPCM, lub z kompresją stratną, w formatach AC-3, DTS lub innym, jeżeli będzie zapisany wielokanałowo. Format DVD-Audio jest formatem dość elastycznym dlatego dopuszcza różne częstotliwości próbkowania jak np. 44.1, 88.2, 96 a nawet 192 kHz i kwantowanie z rozdzielczością 16, 20 i 24 bity w dowolnych kombinacjach. Na płycie DVD-Audio mogą być zapisane dodatkowe informacje, jak tekst, grafika, obrazy nieruchome które będą odczytywane na wyświetlaczu odtwarzacza czy podłączonym odbiorniku TV. Czas nagrania może wahać się od 1 do 2 godzin przy zapisie jednostronnym, jednowarstwowym, w zależności od ilości kanałów i stopnia kompresji.

Prace na sposobami kompresji trwają już wiele lat. Opracowano także sposoby kompresji bezstratnej (MLP firmy Meridian i DST firmy Sony), która mogą być wykorzystane przy nagrywaniu dźwięku wielokanałowego. Daje to argument, że także dźwięk wielokanałowy może być wysokiej jakości.

SACD.

Konkurencyjny do formatu DAD jest format **Direct Stream Digital (DSD)** zaproponowany przez Sony i Philipsa. Zapis dokonuje się na płycie **Super Audio CD (SACD)**. Mimo że prace nad DVD-Audio były mocno zaawansowane, firmy te, zdecydowały się na zaproponowanie nowego, niekompatybilnego z DVD formatu. Światowe firmy fonograficzne zaleciły, by nowe formaty, które wejdą do produkcji spełniały 3 podstawowe warunki

- powinni dysponować- poziomem jakości odtwarzanego dźwięku nie osiągalnym za pomocą dotychczas istniejących lub proponowanych formatów,
- są kompatybilne z płytą CD,
- mają o wiele skuteczniejszy niż dotychczas system zabezpieczenia antypirackiego.

Zapis na płycie SACD różni się od dotychczas stosowanego formatu CD, gdzie sygnał analogowy jest próbkowany 44 100 razy na sekundę, a każda próbkowana wartość jest opisana za pomocą słowa 16 bitowego.

W SACD próbkowanie jest dokonywane z częstotliwością wielokrotnie większą, bo aż 2,822 MHz, dzięki czemu uzyskuje się wysoką rozdzielczość. Sygnał analogowy przetwarzany jest w jednobitowym przetworniku a/c typu Sigma-Delta. Wartość próbki nie jest podawana w postaci słowa, lecz za pomocą 0 i 1 wykazuje czy jego kolejna chwilowa wartość jest większa czy mniejsza od poprzedniej. Uzyskuje się sygnał w postaci ciągu impulsów prostokątnych o zmiennej szerokości (**PDM - Pulse Density Modulation**). Częstotliwość próbkowania nie została wybrana przypadkowo. Taka częstotliwość jest doskonałą wartością wyjściową, by uzyskać dzięki prostemu dzieleniu, częstotliwości próbkowania innych formatów wielobitowych.

- wartość próbkowania 44.1 kHz uzyskuje się dzieląc przez 640,
- wartość próbkowania 32 kHz uzyskuje się dzieląc przez 882,
- wartość próbkowania 48 kHz uzyskuje się dzieląc przez 588
- wartość próbkowania 96 kHz uzyskuje się dzieląc przez 294

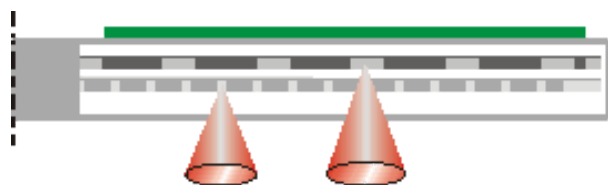
Aby na płycie o znormalizowanej średnicy 12 cm można było zmieścić taką ilość informacji, która przy takiej częstotliwości próbkowania odpowiadała by nie mniej niż 74 minutom muzyki, konieczne było bardzo gęste upakowanie strumienia bitów. Dlatego używa się płyty i systemu zapisującego (odczytującego) znanego z DVD. Jednak płyta SACD jest inna niż ta, znana nam z DVD.

Budowa płyty.

Format **DSD** przewiduje użycie trzech rodzajów płyt SACD:

- płytę jednowarstwową o dużej gęstości zapisu (*HD - High Density*) i pojemności 4,7 GB,
- płytę dwuwarstwową z dwiema warstwami o dużej gęstości zapisu i pojemności 8,5 GB,
- płytę hybrydową z dwiema warstwami zapisu, przy czym jedna z nich jest warstwą HD (4,7 GB), druga zaś jest warstwą konwencjonalną CD o pojemności do 780 MB.

Hybrydowa płyta SACD



składa się z dwóch warstw odbijających, każda o grubości 0,6 mm, co daje standardową grubość 1.2 mm. Każda z warstw płyty służy do zapisu sygnału w innym formacie. Warstwa umieszczona w połowie

grubości płyty służy do zapisu SACD o dużej gęstości - 4.7 GB. Warstwa leżąca głębiej (licząc od strony głowicy lasera) ma pojemność 650 MB i służy do zapisu konwencjonalnego, w formacie CD. Obie płyty są tak sklejone, aby można było je odczytywać za pomocą promienia laserowego z jednej strony. Do odczytu płyty każdego rodzaju zastosowano laser o krótkiej fali, podobnie jak w DVD. Ogniskując laser na jednej lub drugiej warstwie uzyskuje się odczyt z tej warstwy. Gdy laser czyta tę leżącą głębiej, warstwa bliższa jest przezroczysta dla światła. Płyta taka może być odczytywana na odtwarzaczu SACD jak i zwykłym CD (oczywiście czytana jest wtedy tylko warstwa CD). *(Na rysunku z lewej - struktura płyty hybrydowej, widzimy że dolna warstwa jest dużej gęstości - HD. Na rysunku z prawej - wystarczy zmienić ogniskową lasera aby odczytać zawartość warstwy górnej).*

Płyta dwuwarstwowa ma budowę podobną do hybrydowej, pierwsza warstwa jest także półprzezroczysta, dzięki czemu laser może docierać do tej leżącej głębiej. Umożliwia to odczyt obu warstw bez odwracania płyty, a jedna strona może być zadrukowana.

Na warstwie o dużej gęstości zapisu (HD) znajduje się dość miejsca, aby móc zapisać do 100 minut muzyki a także inne dane: tekst, grafikę oraz krótkie odcinki obrazu wizyjnego. Ta warstwa także może być przeznaczona do zapisu dźwięku wielokanałowego, nieskompresowanego, dzięki czemu uzyskuje się jakość dźwięku surround niespotykaną w DVD: sześć kanałów o szerokości pasma 100 kHz i dynamice sięgającej 120 dB.

SACD kontra piraci.

Aby zapewnić bezpieczeństwo płyt przed nielegalnym kopiowaniem użyto technologii o nazwie PSP (*Pit Signal Processing*). Wprowadza się ukryty "znak wodny" (watermark), czyli osadza na powierzchni dysku specjalną matrycę mikroskopijnych pitów. Technika PSP umożliwia wprowadzenie dwojakiego rodzaju znaków: widzialnego, który jest odcisnięty na płycie w formie tekstu lub obrazu, lub niewidzialnego. Jeżeli nielegalnie skopiowana płyta zostanie włożona do odtwarzacza, to brak znaku zostanie odkryty i płyta nie będzie odtwarzana. Obydwa znaki są prawie niemożliwe do podrobienia (ciekawe jak długo) a dzięki znakowi widzialnemu łatwo odróżnić płytę od nielegalnie skopiowanej.

MiniDisc

Historia MiniDisc nie jest już taka krótka, bowiem prace nad nim firma Sony rozpoczęła w 1986 roku. Premiera nastąpiła po 6 latach, w 1992 roku. Miał on zastąpić dochodzący kresu swoich możliwości magnetofon analogowy, proponując łatwy sposób cyfrowego zapisu na niewielkim dysku o średnicy 64 mm, zamkniętym w kasce o wymiarach 7 x 7 cm. Pojemność dysku wynosi 140 MB i dzięki kompresji danych może pomieścić 74 minuty, cyfrowo zapisanego dźwięku oraz dodatkowe informacje tekstowe (np. nazwę dysku, tytuły płyt). Minidisc jest mniejszy od płyty CD i kasety magnetofonowej i jednocześnie bardziej funkcjonalny.

Odtwarzacz stacjonarny MiniDisc wyglądem przypomina odtwarzacz CD a właściwie nagrywarkę CD-R. Na płycie przedniej ma duży wyświetlacz, przyciski i pokrętła a do wysuwanej szuflady wkładamy Minidisc. Z tyłu posiada standardowe wejścia i wyjścia tak analogowe jak i cyfrowe.

Początkowo rynek nieufnie podszedł do Minidysku. Związane było to z niższą jakością dźwięku która wynikała z niedoskonałych algorytmów kompresji. Firma Sony dokonała znacznych udoskonaleń, i obecnie Minidisc stał się składnikiem wysokiej jakości systemów Hi-Fi.

Jak jest zbudowany MiniDisc?

Minidisc o średnicy 64 mm i grubości 1.2 mm jest umieszczony w obudowie przypominającej dyskietkę komputerową. (72x68x5mm). Taka kasetka zapewnia wygodę obsługi i odpowiednią ochronę nośnika. Istnieją trzy typy dysków: nagrane fabrycznie (niezapisywalne) i dwa rodzaje, które umożliwiają zapis muzyki przez użytkownika. Pierwszy rodzaj dysku jest podobny do dysków CD. Ma aluminiową warstwę odbijającą i informacje zapisaną w postaci pitów. Nagrywalny dysk MD jest wyposażony w zapisywalną warstwę magnetyczną. Trzeci typ, tzw. hybrydowy ma zarówno obszar informacji nagranej w formie pitów, jak i zapisywalną warstwę magnetyczną. Ponieważ zapis i odczyt odbywa się na drodze optyczno-magnetycznej, rekorder/odtwarzacz MD posiada dwufunkcyjny system optyczno-magnetyczny. *Na zdjęciu - budowa Mini Disc.*



Zapis.

Materiał zapisywalnej warstwy to stop żelaza, kobaltu i terbu. Do zapisu na nagrywalnym MD stosuje się modulację pola magnetycznego. W systemie tym po jednej stronie dysku znajduje się zapisująca głowica magnetyczna, a po drugiej głowica laserowa. Wiązka optyczna lasera o mocy ok. 4,5 mW podgrzewa warstwę nośnika w miejscu ogniskowania do temperatury Curie (jest to temperatura, w której materiał może być magnetyzowany dość słabym polem magnetycznym - w przypadku MD jest to 180 °C). Umieszczona z drugiej strony głowica

magnetyczna jednocześnie magnesuje cząstki według podanego sygnału, zgodnie z kierunkiem namagnesowania N lub S. Kiedy laser minie zapisywany obszar, po jego ostygnięciu warstwa zachowuje nadane jej właściwości. Procesy kasowania (rozmagnesowania) i zapisu zachodzą jednocześnie.

Do odtwarzania używa się wiązkę lasera o małej mocy, która nie podgrzewa nośnika. Po odbiciu od warstwy magnetycznej wiązka światła ulega skręceniu lub zmianie polaryzacji (efekt Faradaya) w zależności od orientacji pola magnetycznego cząstek - N lub S. Głowica optyczna wykrywa polaryzację fali odbitej i przekształca ją w cyfrowy strumień danych. Te dane są przekazywane do następnych bloków odtwarzacza.

Przepis na zapis.

Dla uzyskania dużej gęstości zapisu i odpowiedniej korekcji błędów stosuje się te same metody kodowania co CD- R. Próbkowanie odbywa się częstotliwością 44.1 kHz z rozdzielczością 16 bitów, a zapis przy użyciu kodu ACIRC (Advanced CIRC). Kodowanie CIRC zostało trochę zmodyfikowane by możliwa była interpolacja danych przy innej częstotliwości próbkowania (32 i 48 kHz). Informacje o mocy lasera, ścieżkach, czasie nagrania, tytułach utworów zapisywane są na obszarze znajdującym się w pobliżu otworu płyty w obszarze U-TOC (User Table Of Contents).

Dane nieco ściskane...

Płyta CD ma pojemność 650 a nawet 700 MB. Pojemność MD wynosi jedynie 140 MB. Aby zapisać 74 minuty muzyki na tak małym dysku, potrzebna jest kompresja danych. W tym celu opracowano system o nazwie ATRAC (Adaptive TRAnsform Coding) który jest ciągle udoskonalany. U podstaw procesu kompresji, w którym dane ulegają redukcji w stosunku 5:1, leżą efekty psychoakustyczne, takie jak próg słyszalności oraz maskowanie cichych tonów przez silne o sąsiednich częstotliwościach. Działanie systemu opiera się na wyodrębnieniu składowych dźwięku, na które człowiek jest najbardziej wrażliwy i zakodowaniu ich z dużą dokładnością, natomiast części mniej istotne koduje się z większą, chociaż dającą gorsze efekty brzmieniowe, kompresji.

Pierwsze dostępne rekordery MD (z ATRAC 1 i 2) charakteryzowały się szumem w przerwach pomiędzy utworami, i słyszalnymi zniekształceniami w cichych partiach utworu. Po dalszych udoskonaleniach (ATRAC 4.5 i wyższe) jakość dźwięku zbliżyła się do jakości płyty kompaktowej.

Przenośne MD.

Sprzęt przenośny narażony jest na wibracje i wstrząsy, które źle wpływają na odczyt informacji przez system optyczny, gdyż strumień laserowy gubi ścieżkę. Dlatego pomiędzy blokiem wstępnego przetwarzania a dekoderm ATRAC wprowadzono pamięć buforową o dużej pojemności (np. 4 MB). Ponieważ szybkość odczytu lasera jest pięciokrotnie szybsza niż praca dekodera ATRAC, pamięć bufora jest napełniana szybko. W przypadku przerwy w odczycie danych, ATRAC korzysta z danych przechowywanych w pamięci (12 sekund w przypadku buforu 4 MB). Kiedy wiązka lasera odzyska właściwą pozycję i odczyta ponownie

dane z przerwanych miejsc, pamięć jest uzupełniana, a system wraca do standardowej operacji przepływu informacji.

Źródła i źródelka.

Rekordery MD mogą współpracować tak ze źródłami analogowymi jak i cyfrowymi. Sygnał analogowy jest konwertowany na zgodny ze standardem 16bit/44.1 kHz (jak CD) i tak przetworzony trafia do dalszej obróbki.

Sygnały ze źródła cyfrowego, jeżeli nie są zgodne z tym standardem, (np. tuner cyfrowy -32 kHz, DAT - 48 kHz) są konwertowane na ten standard w specjalistycznym układzie scalonym, który na zasadzie interpolacji dopasowuje dane do standardowej częstotliwości 44.1 kHz. Jeżeli konwersja nie jest potrzebna, układ pracuje nadal, aby zapobiec drganiom fazy (jitterowi).

Możliwości MD.

Oprócz nadawania nazw dyskom, poszczególnym ścieżkom oraz wprowadzenia daty i czasu rejestracji MD oferuje inne możliwości edycyjne. Można kasować dowolną ścieżkę, lub dowolny fragment muzyczny. Jeden utwór muzyczny można podzielić na dwie części, lub złączyć dwie ścieżki w jedną. Można także dowolnie przesuwać względem siebie utwory. Podczas przegrywania ze źródła cyfrowego początek danego utworu (ścieżki) rozpoznawany jest automatycznie. W przypadku sygnałów analogowych, do wyboru mamy dwie możliwości. Podczas nagrywania początki utworów mogą być rozpoznawane na podstawie 2-sekundowej ciszy, lub wstawiane ręcznie przez użytkownika.

Co dalej?

O ile w początkowych latach dynamika wzrostu sprzedaży rekorderów i minidisków była duża, obecnie zauważa się jej przyhamowanie. Być może jest to spowodowane rosnącą popularnością nagrywalnych dysków CD-R i CD-RW, szczególnie dokonywanych na nagrywarkach komputerowych. Tym bardziej że niektóre stacjonarne odtwarzacze CD i DVD mają możliwość czytania plików MP3 nagranych na płytę.

Przy niskiej cenie czystych CD-R, poniżej 2 zł, ceny czystych Minidisków są 3-5 razy wyższe przez co nie są konkurencją dla formatu CD. A przecież coraz bardziej popularne stają się nagrywalne DVD.

Stoimy na progu upowszechnienia się nowych nośników danych. Są nimi FMD, pamięć holograficzna, wielowarstwowy zapis na płytach podobnych do CD, zapis na płytach CD/DVD lecz o większej gęstości zapisu dzięki zastosowaniu niebieskich (a więc o krótszej fali) laserów i inne nad którymi w tajemnicy pracuje dziesiątki laboratoriów. Który format będzie powszechny w przyszłości? Zobaczymy.

MP3

Format który zmienił świat muzyki. Miliony użytkowników tego formatu błogosławią jego twórców, a przedstawiciele firm fonograficznych zgrzytają zębami ze złości. „To czyste piractwo” - wołają. „Nie, to wolność wypowiedzi” twierdzą użytkownicy Internetu. Bowiem format ten popularność zdobył dzięki Internetowi. Internet w swoich początkach miał tylko pomagać w upowszechnianiu danych tekstowych. Szybko jednak wzbogacił się o obraz, początkowo nieruchomy, później ruchomy i wreszcie dźwięk. Muzyka która występuje w sieci jest dostępna wyłącznie w postaci cyfrowej. Ponieważ cyfrowy zapis dźwięku zajmuje znaczną objętość, to aby przesyłanie go nie powodowało zatkania łączy, stosuje się kompresję. Używa się do tego opracowanego w 1991 roku formatu kompresji danych, zwanego MP3.

Wielką zaletą MP3 jest, w dobie popularności Internetu, jest banalnie prosty dostęp do niezliczonych pokładów muzyki. Jest ona zapisana przez entuzjastów tego formatu i dostępna w ogromnej ilości stron WWW, najczęściej prywatnych. Dostępna jest tak muzyka zapisana legalnie jak i nielegalnie. Wielu młodych muzyków, czy zespoły propaguje swoją twórczość udostępniając ją na swoich stronach, ale wielu internautów kopiuje całe płyty innych twórców i udostępnia wszystkim zainteresowanym. Napster, który dotąd umożliwiał łatwą wymianę tak legalnych jak i nielegalnych utworów zapisanych w tym formacie po wyroku sądy zmienił formułę działania. Ale to nie przeszkadza w rozwoju i upowszechnianiu się tego formatu, wystarczy bowiem wpisać do wyszukiwarki internetowej hasło MP3, by ukazała się nam lista niezliczonych stron oferujących muzykę w tym formacie. Ustalono więc, że ściągnięty utwór z Internetu można legalnie odsłuchiwać wyłącznie u siebie w domu przez 24 godziny, a następnie wykasować go z dysku. Jak wiemy jest to tylko pobożne życzenie, bowiem niewiele osób może powiedzieć że stosuje się do tego zalecenia.

Dla producentów płyt CD wolny dostęp, do praktycznie darmowych utworów jest powodem dużych strat finansowych. Dlatego firmy fonograficzne pracują nad utworzeniem skutecznego zabezpieczenia w postaci modyfikacji lub stworzenia podobnego do MP3 formatu, za pomocą którego muzyka mogłaby legalnie (i pewnie za stosowną opłatą) krążyć po sieci.

Kompresji dokonuje się na podstawie skomplikowanych algorytmów na komputerze o dość dużej mocy obliczeniowej. Jakość skompresowanego dźwięku jest niższa niż oryginału, ale dla większości z nas wystarczająca. Zależy ona głównie od stopnia skompresowania, który możemy dowolnie ustalać. Duża kompresja to gorszy dźwięk, ale też i mniejsza objętość pliku. Pliki MP3 możemy przechowywać na dysku twardym naszego peceta lub nagrywać na płytę CD-R, CD-RW, DVD czy MD. Nagrywając płytę CD-R np. z dziesięciokrotną kompresją, na jednym krążku możemy zmieścić aż 10 płyt ! W komputerze odtwarzanie tak nagranej płyty nie jest problemem. Pojawiają się już obecnie stacjonarne i przenośne (np. samochodowe) odtwarzacze płyt z MP3, a funkcja ta jest dostępna w coraz większej ilości odtwarzaczy CD i DVD.

Ponieważ pliki MP3 mają stosunkowo małą objętość, można je zapisać pamięci stałej. Odtwarzacze tego formatu, wyposażone w taką pamięć, są wielkości pudełka od papierosów i

są zaopatrzone w słuchawki lub mały głośnik. W swojej pamięci mogą zapisać od pół godziny do kilku godzin muzyki. Pamięć takiego odtwarzacza ładujemy z komputera za pomocą łącza szeregowego. Jeżeli odtwarzacz jest zaopatrzony w wymienną kartę pamięci łatwo ją wymieniamy, ładując ją za pomocą specjalnej przystawki z komputera. Odtwarzacze są trwałe ponieważ nic się tam nie kręci, nie zużywa. Przenośny odtwarzacz nie kołysze dźwiękiem, nie przerywa odtwarzania pod wpływem wstrząsów. Teraz tylko rozwój taniej pamięci o jak największej pojemności będzie stanowił o sukcesie takiego sposobu odtwarzania i być może w przyszłości zastąpi tak popularne dzisiaj walkmany.

Jak, gdzie, kiedy?

W niemieckim Instytucie Fraunhofer, w Erlangen, od 1987 pracowano nad cyfrowym obrazem i dźwiękiem, a właściwie nad sposobami ich kompresji. Naukowcy opracowali różne algorytmy umożliwiające zmniejszenie objętości plików dźwiękowych i obrazu bez utraty wierności. Do najbardziej znanych należy standard oznaczony jako **MPEG Audio Layer**.

Opracowano go w czterech odmianach:

MPEG - 1 - (Kodowanie Ruchomych Obrazów i Dźwięku towarzyszącemu, przy szybkości przesyłania ponad 1,5 Mbit/s). Zawiera 5 części opisujących działanie formatu. W pierwszej opisano przełączanie i synchronizację sygnałów wideo, w drugiej opisano kompresję sygnałów wideo, w trzeciej opisano kodowanie audio. Pracę nad nim zakończono.

MPEG - 2 - (Powszechne kodowanie Ruchomych obrazów i towarzyszącej Informacji Dźwiękowej) - składa się z 9 części opisujących problemy związane z kodowaniem dźwięku. Przystosowany do transmisji bitowej o szybkości do 10 Mbit/s.

MPEG - 3 - został połączony z MPEG-2.

MPEG - 4 (Kodowanie Obiektów Audio-Wizualnych), najnowszy.

W standardzie MPEG 1 w trzeciej części opisano sposób kodowania dźwięku. Został on określony przy pomocy trzech możliwych wersji rozwojowych zwanych Layer 1, 2 i 3.

Ich podstawowe parametry to:

System kompresji	Stopień kompresji	Wymagana przepustowość sygnału
MPEG - 1 Layer 1	1 : 4	390 kbit/s
MPEG - 1 Layer 2	1 : 8	260 kbit/s
MPEG - 1 Layer 3	1 : 12	130 kbit/s

Jak widać najlepszy format to właśnie Layer 3. Ten właśnie system to **MP3 - MPEG-1, Layer 3**.

Stereofoniczny sygnał cyfrowy składa się z ciągu próbek zapisanych w przypadku płyt CD z rozdzielczością 16 bitową. Ponieważ częstotliwość próbkowania sygnału odbywa się 44100 razy na sekundę, to oznacza że urządzenia elektroniczne muszą się charakteryzować bardzo dużą przepustowością danych - 1,41 Mbit/s. W przypadku Internetu taka duża przepustowość jest niemożliwa do zaakceptowania, zastosowanie kompresji było jedynym możliwym

rozwiązaniem. Stosując dwunastokrotną kompresję, (co oznacza usunięcie 90-92% danych) uzyskamy przepływność rzędu 130 kbit/s przy jakości dźwięku „zbliżonym do CD”. Ponadto możliwe jest stosowanie większej lub mniejszej kompresji w zależności od potrzeb - nawet do 1 : 96. Wprawdzie duża kompresja to gorsza jakość dźwięku, lecz nie zawsze jest to istotne (np. przesyłanie mowy).

Jak to się odbywa?

Kodowanie opiera się na niedoskonałości ludzkiego słuchu. Otóż jeżeli w okolicach silnego sygnału pojawiają się słabe, nasze ucho ich nie słyszy - następuje maskowanie przez silne dźwięki. Jeżeli te słabe sygnały usuniemy, pozostaje mniej informacji.

Kolejnym sposobem jest maskowanie szumów i informacji które są zapisane w sygnale, ale mają bardzo niski poziom. Widmo sygnału w zakresie 20 Hz - 20 kHz dzielone jest na 32 podzakresy, a każdy z nich ma inną czułość, w której ludzkie ucho nie słyszy dźwięków poniżej pewnego poziomu. Np. jeżeli w pewnym podzakresie pojawiają się dźwięki o poziomie 60 dB, a badania wykazały że dźwięki o poziomie 30 decybeli są niesłyszalne (maskowane przez silniejszy) to usuwa się je. Podobnie jest w innych podzakresach, dzięki temu ilość usuniętej informacji jest duża. Kolejnym sposobem na zmniejszenie objętości pliku muzycznego jest wykorzystanie jeszcze jednej niedoskonałości ucha ludzkiego. Człowiek nie rozróżnia słabych dźwięków jeżeli następują one przed i po silnym. Usuwa się wtedy te występujące przed, jak i po silnym sygnale. Ponadto w sygnale stereofonicznym czasami występuje w obu kanałach wspólna informacja, którą można wtedy zredukować.

Do zakodowania tak odchudzonego sygnału używa się specjalnego algorytmu Huffmana który zapewnia małą wartość informacji po obróbce. Jest to proces skomplikowany i wymaga dużych mocy obliczeniowych procesora. Współczesne komputery doskonale sobie radzą z obliczeniem tak dużej ilości informacji. Produkowane są specjalizowane procesory które mogą być używane w sprzęcie powszechnego użytku.

MP3 Pro

Format ten jest rozwinięciem „starszego” formatu MP3. Powstał we współpracy Instytutu Fraunhofera, Coding Technologies i Thomson Multimedia Inc.

Format MP3 przy silnej kompresji ma stosunkowo niskie pasmo przenoszenia (do ok. 7 kHz) sygnału audio. By poszerzyć to pasmo, szwedzka firma Coding Technologies opracowała specjalną technikę, której zadaniem jest uzupełnienie (poprzez generowanie składowych) skompresowanego zapisu o elementy odpowiedzialne za wysokie tony. Technikę tę nazwano techniką SBR (*Spectral Band Reproduction*).

Podczas tworzenia nowego pliku MP3 Pro oprogramowanie dzieli nagranie audio na dwie części. Pierwsza z nich zawiera wszystkie dane niezbędne do zachowania pełnej zgodności ze starszymi odtwarzaczami które nie „umieją” jeszcze obsługiwać nowego formatu. Druga część zawiera wyłącznie dane dotyczące dużych częstotliwości, wykorzystując właśnie technikę SBR. Ponieważ nowy format jest kompatybilny „w dół” to każdy odtwarzacz MP3 będzie odtwarzał nowy format. Starsze wykorzystują tylko pierwszą część zapisu, nowsze,

które obsługują MP3 Pro - obie. Zapisu można dokonać z rozdzielczością 16, 22.5, lub 34 bity i z częstotliwością próbkowania 32, 44.1 lub 48 kHz.

Nowy format, oprócz polepszenia jakości wysokich tonów może być zapisany jeszcze z 2-3 krotnie mniejszą objętością. Podobnie jak w przypadku „starego” MP3 tak i w przypadku MP3 Pro można dokonywać zapis z różnymi przepływnościami bitów. Niskie przepływności mają co prawda niższą jakość zapisu ale świetnie nadają się do zastosowań internetowych, natomiast wyższe - do zapisu audio. W przypadku zapisu stereofonicznego możliwe są przepływności: 32, 40, 48, 56, 64, 80, oraz 96 kbps.

Kompresji inne sposoby.

MPEG-2 AAC.

W 1997 przyjęto standard MPEG - 2 AAC (Advanced Audio Coding) który ma być następcą internetowego MP3. Standard ten umożliwia jeszcze efektywniej kompresować dźwięk (o dalsze 50%) bez pogorszenia jego jakości. Jest bardzo elastycznym standardem - możliwe jest kodowanie z częstotliwością próbkowania od 8 kHz do 96 kHz i rozdzielczością próbkowania do 24 bitów. Można nim kodować dźwięk tak monofoniczny jak i stereofoniczny oraz wielokanałowy, do 48 kanałów.

MPEG-4

Obecnie trwają prace nad najnowszym sposobem kodowania - MPEG - 4. Jakość dźwięku będzie o wiele lepsza niż dotychczas, przy jeszcze większej kompresji. Nowe elementy formatu zapewnią lepszy przesył cyfrowego zapisu mowy, gdzie jedne będą odpowiadać za wysoką jakość muzyki a inne za efekty dźwiękowe. Będziemy mogli w każdej chwili, niezależnie dzielić i łączyć materiał dźwiękowy. Standard ten jest otwarty. Można nim będzie kodować sygnały mowy i muzyki a także będzie możliwa synteza dźwięku lub synteza mowy nawet na podstawie tekstu. Możliwe jest także wykorzystanie tego standardu w cyfrowym radio.

Co dalej?

Format MP3 rozpętał wojnę wokół pirackiego, nielegalnego kopiowania. Dlatego firmy fonograficzne broniąc się przed stratami, proponują użycie formatów, które będą chroniły prawa autorskie twórców i producentów.

Mają to być formaty: opisany powyżej **MPEG-2 AAC**, **ATRAC 3** rozwinięty na podstawie dotychczasowych doświadczeń w firmie Sony, oraz **WMA** (Windows Media Audio) według koncepcji firmy Microsoft. Wszystkie trzy formaty mają w przemyśle zwolenników, którzy starają się je przeforsować w postaci standardów światowych.

Czy format MP3 przetrwa?

Zapewne tak, chyba że zastąpi go lepszy, wydajniejszy, ogólnie dostępny format. Jak dotąd

wiele firm produkujących odtwarzacze tak CD jak i DVD wprowadziło dekodery MP3 do swoich wyrobów, przez co ma on szansę wyjścia z kręgu komputerów w świat Hi-Fi. Wraz z rozwojem technologii pamięci półprzewodnikowych upowszechnia się zapis bez mechanizmów i części ruchomych w urządzeniach przenośnych i samochodowych, które produkowane w milionach sztuk stają się dostępne każdemu, tak jak dzisiejsze odtwarzacze kaset magnetofonowych. Ale system kodowania, czy to będzie MP3, AAC, ATRAC czy jeszcze inny to pokaże czas.

Nowe formaty

Format CD najlepsze lata ma za sobą, a DVD rozkwita powoli (niektórzy wróżą mu szybki koniec). Dziesiątki laboratoriów pracuje pełną parą nad nowymi rozwiązaniami które być może zastąpią dotychczasowe formaty zapisu dźwięku. Na horyzoncie pojawiły się trzy nowe formaty. Kości zostały rzucone.

Serwery dyskowe HDD

Coraz większą popularność zdobywają tzw. Serwery dyskowe. Jest to po prostu urządzenie audio, czy wideo gdzie jako nośnika do zapisu muzyki czy filmu, używa się dysku komputerowego. Przy coraz większych pojemnościach dysków magnetycznych oraz dużej ich trwałości i coraz niższej cenie może to być doskonałą alternatywą dla magnetowidu czy cyfrowego magnetofonu.

Serwery audio

W zależności od pojemności wbudowanej pamięci na dyskach twardych oraz wybranej przez użytkownika metody zapisu dźwięku (z kompresją lub bez), można zarejestrować utwory muzyczne o łącznym czasie trwania od kilkudziesięciu do kilku czy nawet kilkunastu tysięcy godzin! Utwory muzyczne można wprowadzać do pamięci dyskowej z płyt CD za pomocą wbudowanego napędu, albo z zewnętrznego wejścia cyfrowego. Można je zapisać w wersji nieskompresowanej lub w którymś z formatów kompresji. Poprzez wbudowany modem pliki dźwiękowe można ściągnąć w Internecie. Oczywiście, dane audio ściąga się wraz z informacjami dotyczącymi tytułu albumu, wykonawcy, tytułów poszczególnych utworów i czasu ich trwania. Dostęp do zapisanych w pamięci dyskowej utworów jest łatwy i szybki. Można nimi rozporządzać w dowolny sposób - tworzyć własne listy wybranych utworów, przekazywać je do innych urządzeń, itp. Urządzenia z reguły posiadają komplet wejść i wyjść, dzięki którym może współpracować w wieloma urządzeniami zewnętrznymi, czytelny panel na którym wyświetlane są najważniejsze informacje, pilot itp.

Serwery wideo

Na tych serwerach można nagrywać film jak i dźwięk. Wbudowany odtwarzacz DVD czyta także płyty CD, DVD-V, VCD, CD-R/RW i inne. Serwery posiadają gniazda antenowe,

wejściowe SCART, S-video, RGB do zapisu obrazu a także wejścia cyfrowe i optyczne do zapisu dźwięku. W zależności od wyposażenia, urządzenie posiada bogate funkcje edycyjne. Na dysku, w zależności od jego pojemności i trybu zapisu (większa lub mniejsza kompresja) można zarejestrować od kilkudziesięciu do kilkuset godzin filmu lub nawet kilka tysięcy godzin muzyki.

FMD.

FMD, czyli Fluorescent Multilayer Disc został opracowany przez firmę Constellation 3D (C3D) która posiada laboratoria badawcze w różnych krajach świata. We wrześniu 1999 roku zaprezentowano prototyp płyty wielkości zwykłej CD czy DVD lecz o pojemności **140 GB** co odpowiada pojemności 220 płytom CD! Przewiduje się że pojemność następnej generacji może przekroczyć 1 terabajta. Druga zaproponowana forma nośnika to karty ClearCard. Mogą mieć formę np. prostokąta, a karta wielkości karty kredytowej może mieć pojemność 5 GB i więcej.

Opracowana przez C3D metoda zapisu opiera się na zjawisku fluorescencji. Promień lasera oświetla warstwę z danymi i pobudza nośnik do świecenia. Jako źródło światła padającego na płytę lub kartę można wykorzystać lasery produkowane do CD/DVD. Wzbudzone fluorescencyjne światło różni się od padającego światła laserowego. Nie jest światłem spójnym, jak w przypadku światła laserowego i ma nieco inną, większą długość fali (inny kolor). Ta właściwość światła fluorescencyjnego pozwala mu przenikać przez wiele warstw zapisu z minimalną stratą sygnału. Obecnie zapisu dokonuje się na 10-20 warstwach, przewiduje się że w miarę postępu technologii możliwy będzie zapis nawet na 100 warstwach. Ponieważ wykorzystuje się ten sam laser, napęd i czytnik co w odtwarzaczach CD/DVD, powoduje to obniżenie kosztów nowego systemu. Jedynie inne są filtry separujące światło fluorescencyjne od laserowego, optyczny element korygujący i detektor o podwyższonej czułości.

W marcu 2002 r podano, że zakończono opracowanie maszynowo produkowanych płyt HDTV. Zapisu dokonuje się na 5 lub więcej warstwach a 12 centymetrowa płyta może pomieścić pełnometrażowy film wysokiej rozdzielczości wraz z dodatkami, w standardzie MPEG2 o rozdzielczości 1080 lub 720.

Optyczny dysk holograficzny.

Japońska firma Optware zapowiada uruchomienie produkcji optycznego dysku holograficznego o pojemności nawet powyżej 1 terabajta. Dysk ma mieć identyczne wymiary jak płyta CD czy DVD. Duża pojemność dysku pozwoli na zapisanie nawet 120 filmów formatu DVD. Początkowo wprowadzony będzie dysk jednokrotnego zapisu, później wielokrotnego. Szybkość odczytu informacji ma być równa 1 gigabit na sekundę.

Blu-Ray Disc - następca DVD?

Firmy Hitachi, Matsushita, Pioneer, Philips, Samsung, Sharp, Sony i Thomson ogłosiły w lutym

2002 r wprowadzenie niebieskiego lasera o długości fali 405 nm, do formatu DVD. Pozwoli to na zwiększenie gęstości upakowania informacji tak, że pojemność jednej warstwy dysku będzie wynosić 23.3 - 25 GB. Pojemność płyty dwuwarstwowej może wynosić nawet 50 GB. TDK zaprezentował (maj 2006) prototyp płyty Blu-ray wyposażonej w sześć nagrywalnych warstw. Mieści się na niej maksymalnie 200 GB danych - niewiele mniej niż na holograficznych nośnikach stosowanych przez InPhase. W porównaniu do przeciętnej, jednowarstwowej płyty Blu-ray prototyp TDK jest mniej więcej ośmiokrotnie bardziej pojemny - zamiast 25 GB zmieści aż 200 GB danych.

Pod koniec 2005 roku firma zaprezentowała nośnik składający się z czterech warstw mających po 25 GB każda. Od tego czasu udało się zwiększyć pojemność jednej warstwy do 33,3 GB i "dokleić" dodatkowe dwa nagrywalne plastry.

Pierwsza warstwa płyty (L0) zbudowana jest ze stopu krzemu z miedzią. Pozostałe - z materiału zawierającego tlenki bizmutu i germanu. Dzięki zastosowaniu tych ostatnich przepuszczalność światła dla warstw można precyzyjnie kształtować w zakresie od 73 do 88 procent; pozwoliło to na zwiększenie liczby plastrów z 4 do 6 i upakowanie na płycie aż 200 GB danych.

HD-DVD

Niebieski laser i nieco inną technikę zapisu stosuje format HD-DVD, konkurencyjny do Blu-Ray. Ma oferować lepszą jakość zapisu obrazu i współgrać z telewizją wysokiej rozdzielczości (HDTV).

Szykuje się więc walka podobnych formatów.

Co dalej?

W ofensywie są pamięci stałe, które obecnie możemy spotkać w przenośnych urządzeniach typu "walkman", lecz w miarę postępu technologii (czyli wzrostu pojemności pamięci) mają szansę bardziej się upowszechnić. Pamięci typu "Flash" (czy podobne) stały się prawie standardem w fotografii cyfrowej i nic nie stoi na przeszkodzie by stały się standardem w technice audio czy video. Oczywiście warunkiem jest uzyskanie dużej pojemności przy stosunkowo małych kosztach. Prace nad tą technologią trwają, więc ma ona przyszłość. Jaki format będzie formatem przyszłości zadecydują nie tylko parametry techniczne, ale zapotrzebowanie rynku i (przede wszystkim) które z firm o międzynarodowym zasięgu wylansują dany produkt.

Przewodniki i izolatory

W sprzęcie audio czy kina domowego ważną rolę pełnią kable połączeniowe. Łączymy nimi bowiem poszczególne elementy naszej wieży - nazywane są wtedy fachowo interkonektami -

a także połączyć musimy głośniki ze wzmacniaczem. Tak interkonekty, jak i kable głośnikowe przenosząc sygnały elektryczne mogą wpływać na ostateczny odbiór słuchanej muzyki.

PRZEWODNIKI...

Prąd elektryczny może przepływać przez wiele substancji. Przepływa przez elektrolity, grafit, węgiel, niektóre tworzywa sztuczne. Niektóre pierwiastki (jak krzem i german) lub różne związki chemiczne przewodzą prąd w szczególnych warunkach. Są to półprzewodniki, używane w elektronice. Ale najlepszymi i najczęściej używanymi przewodnikami prądu są metale. Niektóre z nich, jak miedź, aluminium, srebro nadają się do tego celu szczególnie.

Metale.

Wszystkie metale składają się z niezliczonej liczby oddzielnych ziaren - kryształów, ciasno do siebie przylegających i silnie związanych wewnętrznymi siłami spójności. Dlatego metale są zaliczane do ciał krystalicznych. Ich krystalizacja następuje podczas stygnięcia płynnego, roztopionego metalu. Podczas chłodzenia płynnego metalu, jego krzepnięcie zaczyna się od tworzenia zarodków krystalizacji, którymi mogą być obce atomy lub molekuły istniejących w cieczy zanieczyszczeń. Również w czystym metalu tworzą się zarodki krystalizacji z atomów stygnącego metalu, kiedy to zmniejszająca się energia kilku sąsiadujących atomów powoduje, że układają się w grupę odpowiadającą sieci krystalicznej. Tworzy się kryształ w formie sześcianu, trapezoidu czy pt.. Zanieczyszczenia występujące w ciekłych metalach, o ile nie są wbudowane w sieć, przesuwane są przez front krystalizacji i tworzą później obszar granicy ziaren. W procesie krystalizacji pojawia się równocześnie wiele zarodków krystalizacji, dlatego prawidłowo zbudowanych kryształów jest mało, lub nie ma ich wcale, ponieważ rosnące równocześnie kryształy przeszkadzają sobie wzajemnie w wytwarzaniu prawidłowych form. Na wskutek tego, wzrost naroży kryształów ulega zahamowaniu, kształty kryształów nie są prawidłowe, przyjmują kształt ziaren. Ziarna te nazywane są kryształitami w odróżnieniu od regularnych kształtów kryształów np. cukru, soli czy minerałów.

Im metal szybciej stygnie, tym więcej pojawia się ośrodków krystalizacji i tym drobniejsze są tworzące się kryształy. Ziarna mają różną wielkość - od tysięcznych części milimetra, w szybko schłodzonym i mechanicznie obrobionym metalu - do kilku centymetrów w lanym i wolno schłodzonym. Niektórym firmom udaje się wyciągać drut miedziany w którym 1 kryształ ma długość ponad 200 m!

Każda mechaniczna obróbka (np. kucie, czy wyciąganie drutu) powoduje zmniejszenie kryształów, ich deformacje, spłaszczenie, wygięcie itp. Zmieniają się wtedy właściwości metali - stają się twardsze a równocześnie bardziej kruche; sprężyste, a równocześnie tracą plastyczność, stają się mniej ciągliwe. By odbudować prawidłową strukturę metalu stosuje się proces zwany **rekrystalizacją**. Polega to na podgrzaniu metalu do odpowiedniej temperatury (dla każdego metalu innej) i powolnemu schłodzeniu. W wyniku podgrzania, zwiększa się ruchliwość atomów metalu, ułatwiony jest ich ruch wewnątrz kryształów i przemieszczanie się

z jednego kryształu do drugiego, w wyniku czego ziarna ulegają "odbudowaniu", powracają do prawidłowej, nieznieskształconej siatki krystalicznej a nawet mogą rosnąć kosztem innych, bardziej znieskształconych.

Metal może zawierać wiele zanieczyszczeń - rozpuszczonych w nim podczas wytopu różnych pierwiastków i związków chemicznych. Zanieczyszczenia w przewodniku nie są korzystne - pogarszają jego plastyczność, zmniejszają przewodność, a nawet mogą powodować zakłócenia w przepływie prądu. Dlatego dąży się do uzyskania jak najczystszej przewodnika, szczególnie w wysokiej klasy kablach do zestawów audio czy wideo.

Kable połączeniowe w systemach audio buduje się z przewodnika, którym najczęściej jest *miedź i srebro*. Metale te mogą być czyste, z dodatkami innych metali lub pokrywane innym metalem (miedź srebrzona lub cynowana). Używa się także włókien węglowych, niektórych przewodzących polimerów, lub egzotycznych często stopów metali.

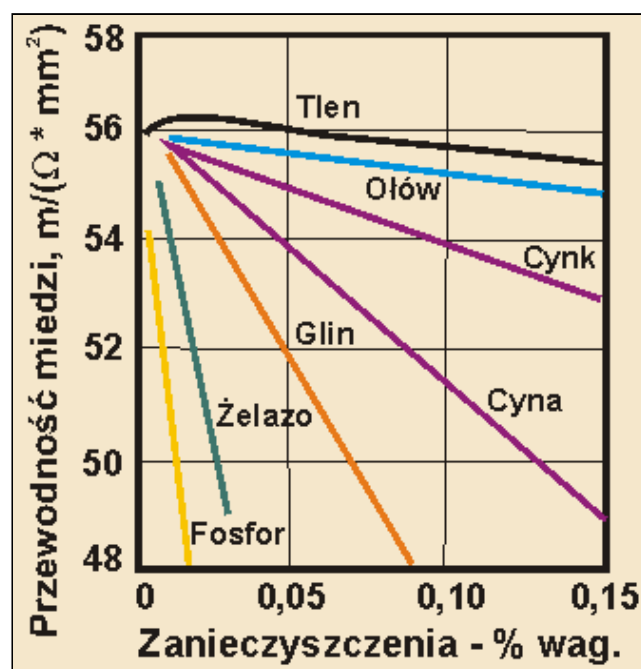
Kuper, czyli miedź.

Miedź jest jednym z najwcześniej poznanych przez ludzkość metali. Czysta i w stopach (słynna epoka brązu) przez wiele wieków była - obok srebra i złota - jedynym metalem użytkowym znanym od zarania dziejów. Jej łacińska nazwa *Cuprum* pochodzi od znieskształconego słowa *cyprium*, czyli wyspy Cypr, na której była wydobywana w starożytności.

Miedź jest metalem o charakterystycznym różowoczerwonym odcieniu, miękkim, kowalnym i ciągliwym (można otrzymać blachę o grubości 0.05 mm i drut o średnicy 0.02 mm), łatwo poddającym się obróbce. Jej gęstość wynosi 8,94 g/cm³, temperatura topnienia wynosi 1083° C. Wykazuje bardzo dobre przewodnictwo cieplne. Jej elektryczna oporność właściwa wynosi 0,0170 - 0,0175 Ohm*mm²/m w zależności od zanieczyszczeń, a przewodność właściwa, będąca odwrotnością oporności powinna wynosić nie mniej niż 57,17 m/Ohm*mm² (przy 20°C i czystości 99.90%). Te właściwości miedzi

decydują o szerokim zastosowaniu w produkcji przewodników prądu elektrycznego.

W suchym powietrzu miedź nie utlenia się. Ale zawartość wody (pary wodnej), opary ługów, kwasów, związki siarki i wysoka temperatura powodują że na powierzchni miedź utlenia się bardzo szybko. Jej tlenki i siarczki są słabymi przewodnikami prądu, co powoduje trudności w przepływie prądu. Miedź o bardzo wysokiej czystości jest bardziej odporna na utlenianie niż zanieczyszczona. Także niewielki dodatek metali ziem rzadkich (itr, skand, cyrkon) zwiększa



jej odporność na utlenianie, bez szkody dla jej przewodnictwa elektrycznego. Podczas produkcji, w wysokiej temperaturze, miedź łączy się z tlenem zawartym w rudzie czy zanieczyszczeniach, i powstaje tlenek miedziawy (Cu_2O), który umieszcza się na granicy ziaren. Także wodór i metale łatwo rozpuszczają się w płynnej miedzi, niekorzystnie wpływając na jej właściwości fizyczne, w tym na przewodność elektryczną. Na rysunku obok, widzimy jak zanieczyszczenia wpływają na jej przewodność. Najbardziej przewodność obniżają fosfor, żelazo i glin. Tlen początkowo nieznacznie poprawia przewodność (dobra przewodność to nie mniej niż 58), ale potem ją obniża coraz bardziej, chociaż nie tak bardzo jak metale. Ale ponieważ powinowactwo tlenu i miedzi jest duże, tlen jest zawsze problemem. Zastanawiam się tylko nad cyną. Obniża ona znacznie przewodność miedzi, ale bardzo często cynuje się przewody ze względu na ochronę przed utlenianiem. Skoro, jak twierdzą producenci, zjawisko naskórkowości jest ważne, to cyna powinna powiększać ten problem jeszcze bardziej. A jak czytam, kable cynowane są chwalone za gładkość wysokich tonów.

Czysta, czystsza i najczystsza...

Najczęściej jako przewodnika w kablach audio używa się miedzi beztlenowej (z angielska **OFC** - Oxygene Free Copper) o bardzo dużej czystości. Stopień czystości oznaczany jest w procentach (np. 99.99%) lub literą N (6N oznacza czystość 99.9999%).

Stopień czystości 3N czyli 99.9% posiada zwykły kabel elektryczny. Poziom zanieczyszczeń jest tu dość duży, a gromadzą się one głównie na granicach sieci krystalicznej. Dużą część stanowią atomy tlenu, które niekorzystnie wpływają na przepływ elektronów pomiędzy kryształami miedzi. Obliczono, że na 1 metr bieżący miedzi o takiej czystości przypada ok. 5000 ziaren (kryształów) miedzi. W zastosowaniach audio takiej miedzi w zasadzie nie powinno się stosować.

Miedź o czystości 4N (99.99%) zawiera o wiele mniej kryształów (ok. 1200 ziaren) w mb. przez co elektrony napotykają mniej przeszkód na swojej drodze. Dzięki powolnemu wyciąganiu drutu udaje się wydłużyć długość ziaren miedzi, (**LGC** - Long Grain Copper) tak że może ich być tylko 210 w metrze. Mniejsza ilość kryształów sprawia, że elektrony na swej drodze spotykają mniejszą ilość przejść i zanieczyszczeń, przez co tracona jest mniejsza ilość szczególnie tych "subtelnych" informacji. Miedź taka nazywana jest miedzią funkcjonalnie doskonałą (**FPC**). Najczystsza miedź uzyskiwana na skalę przemysłową ma obecnie czystość 8N (99.999999%). Wysokiej jakości kable często mają czystość 6-7 N.

Srebro, złoto czy platyna.

Srebro obok złota i miedzi jest najstarszym metalem znanym ludzkości ze względu na częste występowanie w przyrodzie w stanie rodzimym, jako metal a nie tylko ruda. Jego łacińska nazwa *Argentum* pochodzi od zniekształconej przez Rzymian greckiej nazwy *argyros*, co znaczy: biały, lśniący, błyszczący. Przez wiele lat było podstawą systemów monetarnych wielu krajów (złoto było zbyt rzadkie i cenne by mogło być w obiegu w dużych ilościach). Do XVI

wieku w Europie nie było zbyt wiele tego metalu, dopiero odkrycie Ameryki i produkcja taniego srebra w dużej ilości spowodowała spadek jego wartości.

Srebro jest metalem szlachetnym, o białej barwie i silnym połysku. Jego gęstość wynosi $10,53 \text{ g/cm}^3$, temperatura topnienia $960,5^\circ \text{C}$. Ma najwyższą wśród metali zdolność odbijania światła - 94%. Charakteryzuje się doskonałą plastycznością - można go przewalcować w bardzo cienkie folie o grubości $0,00025 \text{ mm}$ i wyciągnąć tak cienki drut, że jego kilometr waży zaledwie $0,5 \text{ g}$! Lepszą plastyczność ma tylko złoto. Jest doskonałym przewodnikiem ciepła i elektryczności, lepszym niż miedź. Obecnie srebro znajduje szerokie zastosowanie nie tylko w jubilerstwie, lecz także w przemyśle fotochemicznym (filmy i papiery fotograficzne tak czarno-białe jak i kolorowe), elektronicznym i elektrotechnicznym. Pokrywa się nim (plateruje) inne metale. Służy do wyrobu luster. Jako surowiec do produkcji monet nie zajmuje obecnie znaczącego miejsca.

Srebro nie utlenia się w powietrzu ani w normalnej temperaturze, ani po podgrzaniu.

Ściemnienie wyrobów ze srebra jest skutkiem osadzania się na powierzchni czarnego związku srebra z siarką lub siarkowodorem, które są typowymi zanieczyszczeniami powietrza, szczególnie w dużych miastach. Związki te, w przeciwieństwie do produktów utleniania się miedzi są dobrymi przewodnikami prądu.

Srebro jest częstym materiałem do produkcji kabli, tak sygnałowych (interkonektów) jak i głośnikowych, szczególnie tych drogich. Większość firm stosuje czystość 4N, jest to odpowiednik czystości 8N miedzi.

Korzystnym dodatkiem srebra jest złoto. Jego atomy wbudowują się pomiędzy kryształy srebra, poprawiając jego przewodność, i co ważne zachowują ciągłą strukturę przewodnika także po obróbce mechanicznej.

Jako przewodników używa się bardzo często miedzi posrebrzanej, lub cynowanej. Zapobiega to jej utlenianiu i poprawia przewodność (w przypadku srebra). Wielu producentów eksperymentuje dodając do srebra różne szlachetne metale, czy ziem rzadkich, a nawet używa przewodzących włókien sztucznych (polimerów).

Van den Hul produkuje kable sygnałowe z przewodzącego węgla (włókien węglowych).

Należy powiedzieć o jeszcze jednym "przewodniku" jakim jest włókno szklane. Używa się go do połączeń cyfrowych, z wyjściem optycznym. Światłowód wykonany ze specjalnego szkła wyciągniętego w bardzo cienką nitkę. Jest obudowany "koszulką" z tworzywa sztucznego, która zmniejsza straty światła i chroni przed uszkodzeniem. Przewodem światłowodowym łączy się wyjścia optyczne (o ile są) odtwarzacza CD czy DVD z takim wejściem wzmacniacza (np. kina domowego), magnetofonu cyfrowego, Mini Dysku.

Sonika przewodnika.

Producenci kabli stosują różne przewodniki i izolatory do produkcji kabli. Każdemu rodzajowi materiału przypisują różne właściwości soniczne.

Miedź beztlenowa (OFC) - dobry bas, pełne średnie tony, możliwa różnorodność wysokich tonów przy zastosowaniu żył o różnych średnicach.

Miedź beztlenowa o wysokiej czystości (OFHC) - lepiej kontrolowany bas, czyste średnie tony, mniejsze ograniczenia wysokich tonów wynikające z dużo większej odporności na utlenianie.

Miedź powlekana dielektrykiem (lakierem)- minimalizuje zakłócenia pomiędzy przewodnikami. Jeżeli warstwa dielektryka jest cienka i dobrej jakości otrzymujemy bardzo dobre wysokie tony.

Miedź powlekana srebrem - doskonale zapobiega utlenianiu się miedzi. Jeżeli warstwa srebra ma minimum 2% średnicy przewodnika, dodaje to muzyce energii i precyzji w zakresie wysokich tonów. Niektórzy twierdzą że takie kable brzmią zbyt ostro w wysokich tonach.

Miedź grubo powlekana srebrem - przy pokryciu miedzi powyżej 10% średnicy przewodu srebrem, uzyskujemy bardzo stabilne parametry techniczne przewodu i doskonale zrównoważony dźwięk.

Miedź powlekana cyną - cyna zapobiega utlenianiu się miedzi, co prowadzi do stabilnej pracy w długim okresie czasu. Według producentów cyna poprawia bas i wygładza wysokie tony.

Czyste srebro (4N) - bardzo szybka propagacja sygnału, chociaż wysokie tony mogą zdominować pozostałe zakresy. Dość nieśmiały bas, ogólnie - doskonała precyzja.

Włókno węglowe (przewodzące). Wynalazek pana Van den Hula. Posiada dużą oporność właściwą. Niektóre nawet 25-30 Ohm/m. Jest neutralny i szczegółowy.

... I IZOLATORY.

W kablu poszczególne żyły przewodnika muszą być oddzielone od siebie izolatorem.

Właściwości fizyczne i elektryczne izolatora, sposób konstrukcji i jakość wykonania mają wpływ na ogólne właściwości kabla.

Ważnym parametrem izolatora jest jego przenikalność elektryczna. Jest to liczba wskazująca ile razy osłabnie pole elektryczne w danym dielektryku, pochodzące od jakichkolwiek ładunków, w porównaniu z polem od tych samych ładunków po usunięciu dielektryka. Za wzorzec przyjęto próżnię, gdzie jej przenikalność wynosi 1.

Przenikalność dielektryka ma mniejsze znaczenie w kablach głośnikowych, natomiast jest ważna w interkonektach, ze względu na niewielkie prądy przesyłane, które następnie są wzmacniane we wzmacniaczu.

A sonika dielektryka?

Producenci kabli także materiałom izolacyjnym przypisują pewne uniwersalne własności soniczne.

Polichlorek winylu - przenikalność elektryczna 4,0 - 8.0 (przenikalność próżni wynosi 1). .

Najpopularniejszy izolator, stosowany w tańszych kablach. Może być miękki i twardy. Znajduje szerokie zastosowanie nie tylko przy produkcji kabli. Twardy używany jest do produkcji rur, obudów akumulatorów, naczyń kwasoodpornych, folii a nawet włókien. Po dodaniu plastyfikatorów PCW staje się plastyczny i miękki. Produkuje się z niego niektóre zabawki, miękką folię, ceraty, torby, węże do wody, wykładziny podłogowe i kable. Jako izolator posiada dość dużą stratność, przez co upływ prądu może być znaczący. Wpływa to niekorzystnie na wydobywanie subtelnych szczegółów słuchanej muzyki.

Poliuretan (PU) - przenikalność 4.0 - 8.0. Posiada szerokie zastosowanie - włókna odzieżowe, folie, kształtki, lakiery, kleje, zabawki. Po dodaniu speniaczy - izolacyjne gumy piankowe, pianka w budownictwie. Jako izolator w kablach może występować w wersji spienionej i niespienionej. Ma wady podobne do polichlorku winylu.

Polietylen (PE) - przenikalność 2,6. Polietylen znany jest od 1936 r. W dotyku jest woskowaty, o barwie mlecznej, pływa po powierzchni wody, daje się barwić, topić, źle przyjmuje druk, źle się lakieruje i klei. Odznacza się brakiem zapachu, smaku, wysoką odpornością chemiczną i bardzo dobrymi własnościami elektrycznymi. Bardzo często stosowany. Produkuje się z niego folie, także do celów spożywczych, włókna, liny, rury, butelki, naczynia itp. Jako izolator daje jasne, czyste wysokie tony, dobre średnie. Obfity, średnio kontrolowany bas. Wersja spieniona daje dokładniejsze odtwarzanie średnich tonów (o 40% lepsza przenikalność).

Polipropylen (PP) - przenikalność 2,25. Nieco podobny do polietylenu, jednak ze względu na inną budowę wewnętrzną charakteryzuje się lepszymi parametrami wytrzymałościowymi i cieplnymi. Zastosowanie także podobne do PE, lecz ze wskazaniem na wytrzymałość. Jest często stosowany do produkcji membran głośników niskotonowych. Jako izolator charakteryzuje się ostrzejszymi wysokimi tonami, dokładnymi średnimi, zwartym basem. Dźwięk jest delikatniejszy przy zastosowaniu wersji spienionej.

Twardy teflon (PTFE) - przenikalność 2,1. Wytworzono go po raz pierwszy w 1946 w USA. Produkcja jego jest kosztowna. W wersji technicznej teflon jest białym szarym, woskowatym proszkiem. Jest odporny na temperaturę do 260° C, niezwykle odporny chemicznie, ma jeden z najniższych współczynników strat dielektrycznych i zachowuje go aż do 3000 MHz. Nie chłonie wody, jest doskonałym izolatorem. Obróbka jego jest bardzo trudna, gdyż podgrzany nie staje się termoplastyczny. By uzyskać z niego wyrób, prasuje się go wstępnie na zimno lub na gorąco a następnie spieka w temperaturze 350° C. Stosowany jest tam, gdzie ze względu na jego szczególne właściwości opłaca się ponieść wysoki koszt wytwarzania. Przykłady: zawory do kwasów i zasad, uszczelnienia, izolatory w technice wielkiej częstotliwości. Na co dzień spotykamy go jako powłoka na patelniach i naczyniach kuchennych, ponieważ jest odporny na wysoką temperaturę, a żywność nie przywiera do naczynia. Jako izolator daje mocny bas, swobodne i relaksujące średnie, nieograniczone wysokie tony. Używany w drogich i bardzo drogich kablach.

Piana hybrydowa TPR - jest to doskonała izolacja. Bardzo dobrze kontrolowany bas,

przyjazne średnie, krystalicznie czyste wysokie tony.

W wyższych klasach cenowych używa się wiele innych, często egzotycznych materiałów, tak przewodników jak i izolatorów.

Czy przypisywane przez producentów cechy soniczne przewodników jak i izolatorów są rzeczywiście tak wyraźne i jednoznaczne jak podają? Na to pytanie zadają sobie odpowiedź setki recenzentów i zwykłych użytkowników kabli. Jedni twierdzą że tak, inni, bardziej sceptyczni są ostrożni w zdecydowanych odpowiedziach. Są też tacy którzy twierdzą że jest to nasza imaginacja i potężny wpływ reklamy. A jaka jest prawda? Pewnie leży pośrodku.

Kable od środka

Kable tak głośnikowe, jak i połączeniowe mają różną budowę. Każdy producent ma własne sposoby na budowę kabla i przekonuje klienta, że właśnie to rozwiązanie ma same zalety.

Parametry na metry.

Każdy kabel można opisać kilkoma parametrami. Najważniejsze z nich to rezystancja (R), indukcyjność (L), konduktancja (G), pojemność (C), podawane w przeliczeniu na metr kabla. Rezystancja to oporność rzeczywista (Ohm/m), konduktancja to przewodność rzeczywista, będąca odwrotnością rezystancji. Indukcyjność to indukcyjna oporność pozorna, pojemność - pojemnościowa oporność pozorna kabla. Suma wszystkich rezystancji (oporności) nazywa się *impedancją*. Nie będziemy wdawać się tutaj w szczegóły techniczne. Wystarczy że będziemy wiedzieć, iż na jakość kabla w systemie audio mają wpływ: *rezystancja, pojemność i indukcyjność kabla a także współczynnik strat izolacji*.

Rezystancja, podaje się ją w Ohmach/m. Zależna jest od materiału, budowy kabla, a szczególnie od jego przekroju. Im kabel grubszy - rezystancja jest mniejsza. Ma zwykle mniejsze znaczenie w przypadku *interkonektów* (które mają zwykle 0.5-1 m długości, chociaż bywa że łączymy subwoofer i 10 m odcinkiem kabla) ze względu na znikome prądy płynące przez nie. Jednak są wyjątki: kable węglowe (25-30 Ohm/m) czy z egzotycznych materiałów (np. polimerowe) mają wyższą rezystancję, co może mieć zauważalny wpływ. Także połączenie *przedwzmacniacza z końcówką mocy* (w zestawach dzielonych) wymaga zwrócenia uwagi na rezystancję, ze względu na większe prądy płynące przez kabel.

Niska rezystancja *kabla głośnikowego* ma pierwszorzędne znaczenie szczególnie w mocnych zestawach. Kabel przenosi bowiem znaczne prądy, które czasem w impulsie mogą dochodzić do kilkunastu amper! Głośniki 4 Omowe, wymagają grubszego kabla niż 8 Omowe. Skutkiem zbyt dużej rezystancji może być: gorsza reakcja na stany nieustalone, nieprawidłowość charakterystyki częstotliwościowej, zwiększenie indukowanych zakłóceń i gorsza separacja

kanałów. Wyraźnie zmniejsza się dynamika zestawu, bas jest słabszy, ze skłonnością do kompresji. Ważne przy bardzo długich kablach.

Indukcyjność podawana jest w mikrohenrach/m. Wysoka indukcyjność powoduje tłumienie wyższych częstotliwości płynących przez kabel i powoduje przesunięcia fazowe. Impedancja kabla (suma poszczególnych rezystancji dla prądu przemiennego) wzrasta wraz z częstotliwością i wywołuje tłumienie w zakresie górnych częstotliwości audio. Niską indukcyjnością powinny charakteryzować się tak kable sygnałowe jak i głośnikowe.

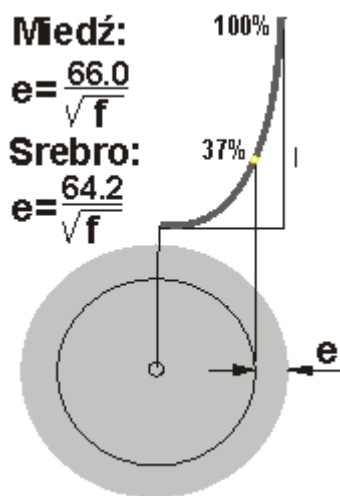
Pojemność kabla podawana jest w piko lub nanofaradach/m. Zależy ona od przenikalności elektrycznej dielektryka, od przekroju i odległości przewodów (im odległość większa, tym pojemność mniejsza). Kable o lepszej jakości izolatora mają mniejszą pojemność własną. Duża pojemność kabla powoduje straty pojemnościowe prądu, tym wyższe im wyższa jest przenoszona częstotliwość. Pojemność obciąża źródło zwiększając ogólną impedancję kabla, wnosząc przesunięcia fazowe co jest słyszalne jako "ostra góra". Wprawdzie współczesne wzmacniacze mają niską impedancję wejściową i powinny poradzić sobie z pojemnością, ale nie zawsze tak jest.

Duża pojemność kabla głośnikowego wpływa na ogólną impedancję i stratność kabla, co przy długości kabli kilku, a czasem kilkunastu metrów może mieć zauważalny wpływ. Pamiętać musimy, że w obwodzie składającym się ze wzmacniacza, kabli i głośników dochodzi do wielu nieustalonych przebiegów i skomplikowanych procesów, które możemy niekorzystnie odbierać podczas słuchania muzyki.

Stratność izolacji. Zależy głównie od jakości izolatora. Najpopularniejsze i najtańsze izolatory to PCV i poliuretan (PU) nie charakteryzują się najwyższymi parametrami. Mają dość dużą stratność, co objawia się większymi upływami prądu i dość dużą pojemnością. Dobrej jakości izolator to polietylen, i polipropylen. Doskonały jest teflon (policzterofluoroetylen) stosowany często w droższych konstrukcjach.

Zjawiskowo o skórcie czyli zjawisko naskórkowości.

Im wyższa jest częstotliwość przesyłana przez linię, tym bardziej prąd wykazuje tendencje do przepływu po powierzchni przewodnika. Staje się tak na skutek zmiennych oddziaływań magnetycznych prądu z samym sobą. I tak im wyższa częstotliwość, tym bliżej powierzchni przewodnika płynie prąd. Nie jest to zjawisko dobre, ponieważ wraz ze wzrostem częstotliwości maleje wykorzystywana powierzchnia przewodnika, co skutkuje wzrostem impedancji kabla dla wysokich częstotliwości. Sygnał zaczyna płynąć nierównomiernie i następuje utrata bardzo cichych składowych, co w wrażeniach słuchowych określamy jako brak powietrza czy informacji subtelnych. Normalnie przyjmuje się że efekt naskórkowości odgrywa większą rolę od częstotliwości ok. 150 kHz, a jednak w kablach głośnikowych daje



się ono zauważyć dla górnych częstotliwości pasma akustycznego.

Tym bardziej, że obecnie wzmacniacze nowej generacji przystosowane do DVD-Audio czy SACD mają pasmo przenoszenia do 100 kHz.

Gęstość prądu (I) zmienia się wykładniczo w kierunku od środka przewodu. Za głębokość wnikania prądu zmiennego do przewodnika (rysunek) przyjmuje się wartość " e " (w mm) odpowiadającą 37% wartości prądu całkowitego płynącego przez przekrój. Głębokość wnikania zależy przede wszystkim od częstotliwości prądu " f " (w Hz).

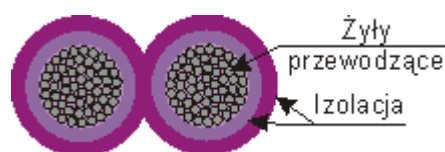
Jeżeli średnica przewodu jest stosunkowo duża w stosunku do

głębokości wnikania, mają zastosowanie wzory podane na rysunku obok.

Prąd zmienny o częstotliwości 20 kHz płynący przez przewód głośnikowy o średnicy np. 2.8 mm (6 mm² przekroju) ma głębokość wnikania " e " tylko 0.46 mm, co oznacza że prąd o tej częstotliwości wykorzystuje jedynie 3,2 mm² przekroju zamiast 6 mm². Jak widać, przekrój czynny zmniejszył się blisko o połowę, w związku z tym rezystancja linii uległa podwojeniu! Producenci zmniejszają efekty tego zjawiska zmniejszając przekrój czynny pojedynczego przewodnika i stosując wiele cienkich przewodów (linka), lub stosując bardzo płaskie taśmy które mają dużą powierzchnię ale też i duży przekrój czynny.

Budowa kabla.

MS (multi strand)



Jest to najbardziej rozpowszechniony sposób budowy kabla.

Polega na skręceniu żył z cienkich nitki przewodnika w linkę.

Żyły te, izoluje się od siebie dielektrykiem i w najprostszej wersji

umieszcza równolegle w koszulce z tworzywa sztucznego (np. PCV). Jest to metoda łatwa do produkcji przemysłowej i dlatego najczęściej stosowana. Tym sposobem produkuje się miliony kilometrów kabla, tak do zastosowań przemysłowych jak i audio. Kable typu MS można także produkować z posrebrzanych, czy cynowanych nitki miedzi. Ponieważ proces musi odbywać się w warunkach beztlenowych, i w wysokiej temperaturze, kable takie są droższe.

Stosowanie kabli MS w systemach audio miało początkowo prowadzić do eliminacji [zjawiska naskórkowości](#). Uważano bowiem, że duża ilość odpowiednio cienkich nitczek splecionych ze sobą, pozwoli na przesyłanie odpowiednich natężeń dźwięku przy zachowaniu równomierności sygnału. Okazało się jednak, że tak zbudowany przewód zachowuje się jakby był pojedynczą nitką. Elektrony przechodzą bowiem z nitki na nitkę zamiast płynąć swoją. Uwarunkowane jest to nierównomierną grubością tlenku na powierzchni przewodów. Elektrony wybierają zawsze miejsca, gdzie ona jest najmniejsza. Podczas przechodzenia przez tlenki, następuje utrata tzw. informacji subtelnych. Dlatego stosuje się superczystą

miedź, (która wolno pokrywa się tlenkami), lub pokrywa ją metalami.

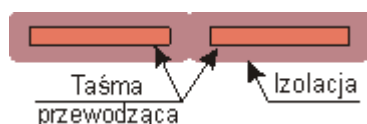
SC (solid core) - lity rdzeń, czyli drut.



Producenci doszli do wniosku że nie da się kontrolować pól elektromagnetycznych w przewodach złożonych z wielu nitek, bowiem wytwarzane są jednocześnie w wielu przewodnikach.

Nakładają się wzajemnie na siebie, co prowadzi do zniekształcenia sygnału. Ponadto dwie biegnące blisko siebie przewody działają jak kondensator. Dlatego w konstrukcjach kabli (MS także) odsuwa się biegnące obok siebie żyły - kabel wygląda wtedy jak płaski kabel antenowy. W kablach typu SC - do pewnej średnicy - mniejsze jest zjawisko naskórkowości, a użyteczny przekrój kabla jest większy. Kable takie dają więc solidniejszy bas, dzięki większej dawce prądu możliwej do uzyskania. Ponieważ, im większa średnica drutu, tym większe zjawisko naskórkowości, wielu producentów stosuje kilka drutów odizolowanych od siebie (by zachować większy przekrój czynny), o średnicy wybranej metodą "złotego środka".

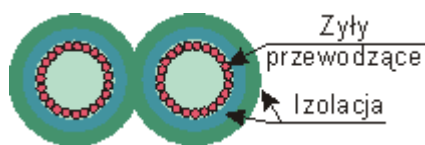
Taśma (ribbon)



Składa się z najczęściej kilku, wzajemnie odizolowanych płaskich taśm przewodnika. Konstrukcja taka wybitnie zmniejsza efekt naskórkowości dzięki dużej powierzchni przewodzącej dla prądów

wyższej częstotliwości. Daje to duży (użyteczny) przekrój czynny dla całego zakresu pasma przenoszenia. Dzieje się tak, ponieważ przy niewielkiej grubości taśmy, elektrony "zmuszone" są do płynięcia całym przekrojem przewodnika. Dzięki temu ma zdolność do transmisji dużych natężeń sygnału. Indukcyjność takiej konstrukcji jest mała. Problemem może być duża pojemność takich kabli, dlatego producenci stosują różne własne sposoby uniknięcia (zmniejszenia) tej wady. Zresztą, jak wspomniałem wcześniej, większość wzmacniaczy dobrze sobie radzi z pojemnością kabli. Dźwięk z takich kabli jest dobrze zrównoważony, pozbawiony zniekształceń i swobodny.

Litz



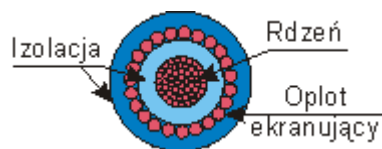
Budowa kabla polega na umieszczeniu wielu pojedynczych żył przewodnika w osobnej izolacji. W każdej, z reguły bardzo cienkiej nitce, płynie całkowity prąd znajdujący się na wyjściu

końcówki mocy. Takie rozwiązanie powstało z myślą o likwidacji efektu naskórkowego.

Ponieważ nitki przewodzące mają mały przekrój, nierównomierność ładunków w całym kablu jest znikoma. Dzięki temu że jest ich dużo, przekrój czynny przewodu jest wystarczający do przesłania mocnych nawet sygnałów. Może być wiele odmian w konstrukcji litzowej, ale zasada jest jedna: oddzielnie izolowana jest każda żyła, zatopiona dopiero w większej masie izolatora. Przy montażu musimy odizolować osobno każdą żyłkę. Czasem wystarczy grot rozgrzanej lutownicy. Kable te charakteryzują się dość znaczną pojemnością, ze względu na umieszczenie blisko siebie znacznej ilości odizolowanych przewodów. Natomiast efekt

naskórkowy jest praktycznie wyeliminowany. Pozwala to, na równomierne w całym paśmie przesyłanie czystych sygnałów.

Kabel koaksjalny (współosiowy)



Kabel taki znamy wszyscy z instalacji antenowych. Składa się on z litego rdzenia (lub linki) oddzielonego od oplotu ekranującego izolatorem. Na oplotcie ekranującym znajduje się koszulka. Czasem, widzimy jeszcze dodatkowy oplot ekranujący z taśmy metalowej. Kable takie znajdują szerokie zastosowanie w technice radiowej, telewizyjnej, studyjnej itp. Pierwszą zaletą jest to, że są zaopatrzone w ekran chroniący przesyłany sygnał, przed zakłócającymi częstotliwościami radiowymi, a także interferencjami innego pochodzenia. Wadą takiego rozwiązania jest różnica we właściwościach, tak fizycznych jak i elektrycznych przewodu "gorącego" (centralnego) i "zimnego", czyli ekranu. Jeżeli przewód "gorący" jest z litego drutu, a ekran zbudowany jest z cienkich przewodów, to jak widzimy, ich parametry będą się różniły. Ponadto, o ile centralna żyła jest chroniona oplotem ekranu, to sam ekran może być podatny (płynie w nim przecież prąd) na działanie pól elektromagnetycznych. W przypadku zastosowania takiego kabla jako przewodu głośnikowego nie ma to większego znaczenia (małe prądy indukowane), natomiast jako interkonekt, gdzie prądy przesyłane mają moc zaledwie kilku miliwatów, czasami bywa słyszalne. A jednak, to w interkonektach kable takie najczęściej są stosowane.



Plecionka (warkocz) - jest to pleciony jak warkocz (choć niekoniecznie z 3 przewodów) kabel, najczęściej linka. Mogą składać się nawet z kilkunastu przewodów specjalnie przeplecionych. Dzięki takiej konstrukcji wrażliwość na zakłócenia jest mała, bowiem indukowany w jednym przewodzie prąd, ma przeciwny kierunek niż w sąsiednim - zakłócenia znoszą się więc wzajemnie.

Wszystkie rodzaje (i jeszcze inne wymyślane teraz lub w przyszłości) mogą być używane jako przewody głośnikowe.

Jako interkonekty używa się kabli koaksjalnych, taśmę (podobną do komputerowej) i plecionkę.

Jak widzimy konstrukcja "zwykłego" kabla niesie ze sobą wiele problemów, które producent musi uwzględnić. Ponieważ idealnego i uniwersalnego kabla nie udało się jeszcze skonstruować, musimy wybrać to, co producenci nam oferują, wybierając taki kabel który będzie brzmiał dobrze w naszym systemie i nie zrujnuje nas finansowo. Problem jedynie w tym, że na rynku jest dziesiątki różnych kabli i każdy producent zapewnia, że jego rozwiązanie jest doskonałe, jedyne i zapewni nam radość słuchania muzyki. My tylko mamy dokonać

"słusznego wyboru".

Kable jak Rolls Roys.

Wielu z Was, często z zaskoczeniem i niedowierzaniem patrzy na ceny kabla. Bowiem Hi-Endowy kabel może kosztować nawet kilka tysięcy złotych za metr! Na cenę takiego kabla składa się jakość użytego materiału (często z domieszką metali szlachetnych), jakość izolatora, stopień skomplikowania budowy kabla, koszt badań, a także, co tu ukrywać - koszty reklamy i dystrybucji. Jednakże, czasem odnosi się wrażenie, że audiofil musi zapłacić też za voo-doo, czyli magię, jaką producenci starają się otoczyć swoje wyroby.

Ile na kable?

Czytając opisy producentów czy recenzentów w czasopiśmie, możemy odnieść wrażenie, że odpowiednio dobranym kablem potrafimy poprawić najslabszy system. Niestety tak nie jest. Wpływ kabli czasem może być duży, ale z reguły jest subtelny. Słuchając kolejno różnych kabli z zaskoczeniem stwierdzamy że różnica, owszem jest, ale "na granicy sugestii"! Dopiero po długim słuchaniu stwierdzamy że jednak "coś w nich jest". Wśród audiofilów panuje przekonanie, że na kable powinno się wydać 8-15% ceny zestawu. Nie jest to obowiązkowe, ale dobranie odpowiedniej jakości kabli może poprawić brzmienie naszego zestawu, ale dopiero suma dobrej jakości WSZYSTKICH komponentów zestawu daje satysfakcję słuchanej muzyki.

Wojny kablowe

Świat audiofilski podzielił się na dwa wzajemnie zwalczające się obozy - kablarzy i antykablarzy. Kablarze słyszą różnicę w dźwięku, dostrzegają różne niuanse odsłuchiwanej muzyki w zależności od rodzaju kabla.

Antykablarze twierdzą że wszystko jest to wynikiem autosugestii, bowiem gdy zastosujemy ślepe testy, czyli słuchamy muzyki nie wiedząc jaki kabel jest aktualnie testowany, to różnice nie są takie oczywiste i wielu słuchających się gubi.

Obie strony okopały się w swoich argumentach i nie chcą dać się przekonać.

Ale słysząc, nie słysząc, zakup ładnych kabli daje satysfakcję z posiadania IDEALNEGO zestawu i znacznie poprawia nam humor. **Ale - uwaga! - żonie może go zepsuć!**

Nagrywamy

Wytlaczanie, wygrzewanie, wypalanie muzyki.

Dziś praktycznie każdy może nagrać płytę kompaktową w formacie CD. Najpopularniejszą i najtańszą metodą jest nagrywanie nagrywarką komputerową, a ceny czystych płyt CD-R kształtują się poniżej 2 zł. Nieco droższym rozwiązaniem jest zakup oddzielnej, stacjonarnej

nagrywarki, przeznaczonej do nagrywania audio. Tutaj także płyty są droższe, bowiem płyta oznaczona napisem „For Audio” w cenie zawiera zryczałtowaną opłatę za prawa autorskie. Zapis na stacjonarnej nagrywance „zwykłych” komputerowych CD-R-ów jest niemożliwy ze względu na programową blokadę, teoretycznie mającą zabezpieczać przed pirackim, masowym kopiowaniem płyt. Ale co to z a zabezpieczenie, skoro możemy to robić na nagrywkach komputerowych, które takich blokad nie posiadają.

Nagrywarka stacjonarna wygląda prawie identycznie jak odtwarzacz płyt CD i odtwarza płyty CD. Aby przegrać na niej płytę musimy ją podłączyć do źródła. Źródłem cyfrowym może być odtwarzacz CD, magnetofon DAT, Minidisc. Źródło analogowe to tuner, gramofon, magnetofon. Tuner cyfrowy może być doskonałym źródłem nagrania, lecz po warunkiem że nasza nagrywarka posiada konwerter częstotliwości próbkowania z 32 kHz na 44,1 kHz, ponieważ tuner pracuje z taką częstotliwością. Podobnie jest z magnetofonem DAT, gdzie częstotliwość próbkowania wynosi 48 kHz.

Popularne są nagrywarki z dwoma napędami w jednej obudowie, gdzie jeden jest odtwarzaczem CD a drugi nagrywa płyty, przez co kopiowanie płyt staje się bardzo proste. Nagrywanie może odbywać się (najczęściej) z jednokrotną szybkością czyli w czasie rzeczywistym, z podwójną szybkością a w niektórych, z poczwórną szybkością. Droższe nagrywarki mają funkcję nagrywania „bit w bit”, czyli kopiuje dokładnie to, co jest zapisane na płycie. Tym sposobem, bez utraty informacji można przekopiować m. in. płyty z kodem HDCD, co w zwykłych nagrywkach nie jest możliwe.

Nagrywarki komputerowe mają więcej możliwości. Umieszczenie ich w potężnym systemie, jakim jest komputer, w którym na dysk możemy „zrzucić” nagrywany materiał muzyczny, a następnie dowolnie, za pomocą specjalistycznego oprogramowania „obrobić” powoduje, że mamy w domu studio nagrań, o jakim nie tak dawno jeszcze mogliśmy tylko pomarzyć.

Nagranie materiału muzycznego odbywa się także w sposób prosty, za pomocą programów nagrywających, często dołączonych do nagrywarki przy jej zakupie. Możemy tutaj dowolnie układać utwory, nadawać im tytuły, a jeżeli nie dokonaliśmy finalizacji możemy je jeszcze później dogrywać. A gdy używamy płyty wielokrotnego nagrywania, CD-RW, utwory możemy kasować. Także szybkość nagrywania może być większa niż w stacjonarnych. Ciągły wyścig producentów w podnoszeniu jakości i szybkości, powoduje że obecnie nagrywać możemy z kilkunastokrotną szybkością co skraca czas nagrywania płyty do kilku minut. Najlepszą jakość nagrania uzyskamy jednak kopiuje płyty z jednokrotną lub najwyżej dwukrotną szybkością. Większe szybkości nagrania, przy nagrywkach niższej jakości powodują, że słyszalne są trzaski i szelesty na nagrany krążku.

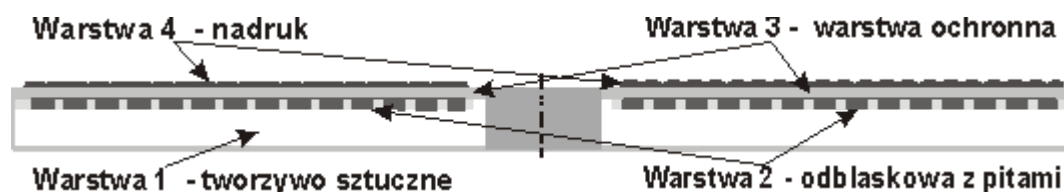
Czy kopia wykonana na nagrywance stacjonarnej jest lepsza od komputerowej? Zdania są podzielone, ale sądzę, że różnice są spowodowane niewłaściwym trybem nagrywania na nagrywance komputerowej (zbyt szybko) a także niską jakością niektórych, (tańszych) nagrywarek.

Wielkie emocje wywołuje porównanie oryginału i kopii. Audiofile słyszą różnicę, w zależności

nawet od modelu nagrywarki na którym nagrano płyty. Inni twierdzą, skoro jest to technika cyfrowa, kopiuje się poszczególne bity informacji, więc różnic nie powinno być. Ale jeśli przyjrzymy się mechanizmowi zapisu na płycie, stwierdzimy że dokładność zapisu nie może być idealna. Uzyskanie idealnych dołków jest trudne a dążenie do uzyskania regularnych i stromych skoków dających cyfrowe zmiany jest największym problemem producentów płyt CD-R. Ponadto tanie nagrywarki komputerowe nie mają idealnie stabilnych zegarów taktujących, co powoduje zwiększenie jittera i pogorszenie jakości dźwięku. Badania nad nowymi technologiami i materiałami jakie używane w konstrukcji płyt CD-R i CD-RW cały czas trwają, a jakość ich ciągle się poprawia.

Płyta z fabryki.

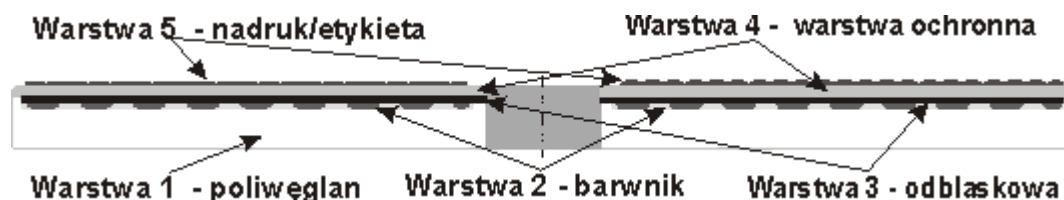
Srebrne płyty CD, kupione w sklepie, tak z nagrałą muzyką jak i programem komputerowym są podobnie produkowane jak płyty winylowe, czyli przez wytłaczanie. Negatywowa matryca z wgłębieniami odpowiadającymi cyfrowo zapisanej ścieżce, wytłacza w srebrzystej warstwie płyty wgłębienia, które następnie odczytywane są przez wiązkę lasera. Warstwa ta chroniona jest obustronnie warstwą tworzywa. Grubsza, od strony lasera nadaje sztywność płycie i jest przezroczysta. Światło lasera prowadzone po ścieżce pada kolejno na pola (landy) i wgłębienia (pity, bumpy). Każde przejście po krawędzi zagłębienia (nieważne w głąb czy na zewnątrz) odczytywane jest jako logiczna jedynka. Pomiędzy stanem jeden znajdują się logiczne zera. Informacja zapisana jest dzięki różnym długościom wgłębień i pól.



Zapis informacji cyfrowej na płytach jednokrotnego zapisu - CD-R, i na płytach wielokrotnego zapisu - CD-RW dokonuje się, jeśli chodzi o stronę logiczną na tej samej zasadzie. Natomiast fizycznie odbywa się w inny sposób, bo w domu nie mamy przecież możliwości tłoczenia płyt.

Wypalamy CD-R.

Płyta CD-R składa się nie z trzech (4, z nadrukiem) warstw, jak „zwykła” CD, lecz przynajmniej czterech (piątą bywa nadruk, lub etykieta). Pierwsza, licząc od strony lasera, to przezroczysta warstwa z poliwęglanu. Druga, to warstwa barwnika, wrażliwego na temperaturę. W zależności od stosowanej technologii ma ona inną barwę. Może być niebieska, zielona, prawie bezbarwna lub co dziwne, czarna. Producenci ciągle poszukują nowych, lepszych barwników. Trzecią jest warstwa odbijającego światło metalu (np. srebro, złoto i in.) a kolejną jest cienka warstwa utwardzanej światłem żywicy, która zabezpiecza „plaster” metalu przed uszkodzeniem i ewentualnie nadruk.



Podczas zapisywania danych na płycie laser zwiększa swoją moc do 4-8 mW, co powoduje podgrzanie warstwy poliwęglanowej i barwnika do ok. 250° C. W wyniku reakcji termicznej warstwa barwnika zapada się w miejscu operowanym przez laser, a poliwęglan zwiększa swoją objętość wypełniając powstałą lukę. W ten sposób otrzymujemy wgłębienie (pit), który jest co prawda przezroczysty (za nim jest warstwa odblaskowa), ale odbija dwukrotnie mniej światła niż powierzchnia (land). I tak jak w płycie CD, układy logiczne odtwarzacza wykrywają jako „1” tylko przejścia pomiędzy wgłębieniami (pit) a polami (land).

Struktura logiczna.

Aby płyta była „widziana” przez system odtwarzający, oprócz odpowiednio zapisanych danych na ścieżce, na płycie powinny być zapisane trzy pakiety informacji. Najbliższy otworu (środek płyty) pakiet to PCA (Program Calibration Area), czyli Strefa Kalibracji Programowej, przy pomocy której nagrywarka ustala odpowiednią moc lasera przed rozpoczęciem wypalania. Następną strefą to PMA (Program Memory Area - Strefa Pamięci Programowej), w której zapisywane są dane o numerach ścieżek i czasach ich trwania. Trzecią ważną strefą jest TOC (Table Of Contents) czyli Tabela Zawartości w której zawarte są informacje o standardzie płyty. Proces zapisywania najważniejszych danych nazywa się zwykle mianem finalizacji lub zamykania płyty. W pracy wielosesyjnej, czyli takiej, w której nie od razu nagrywamy całość informacji na płycie, nie powinniśmy dokonywać finalizacji, jeżeli chcemy w późniejszym okresie coś jeszcze dograć. Płytę niesfinalizowaną czytają tylko nagrywarki. Natomiast aby widział ją zwykły odtwarzacz CD musimy dokonać finalizacji.

Piszemy wielokrotnie, czyli CD-RW.

Wiele odtwarzaczy (szczególnie tych starszych) ma trudności z odczytem płyt wielokrotnego zapisu. Wynika to z różnego współczynnika odbicia światła. W przypadku CD-R wynosi on 40-70%, natomiast dysk wielokrotnie zapisywalny to już tylko 15-25%. By odczytać tak słabo odbijający światło dysk potrzebny jest laser o większej mocy.

Płyta wielokrotnego zapisu posiada trochę inną budowę niż płyta CD-R. Warstwę zapisu tworzy nie barwnik, lecz stop srebra, antymonu, indu i telluru. Czysta płyta ma strukturę polikrystaliczną. Moc lasera potrzebna do podgrzania tej warstwy do temperatury topnienia (500-700 stopni) jest wyższa i wynosi 8-14 mW. Następuje wówczas topnienie kryształów, które w tym miejscu przechodzą w fazę niekryształową. Powstałe w ten sposób jamki, po ochłodzeniu zachowują kształt, tworząc obraz nagrania.

Kasowanie płyty CD-RW to proces odwrotny do nagrywania. W tym celu podgrzewa się warstwę do temperatury 200 stopni, a więc znacznie niższej niż przy zapisie i utrzymuje przez jakiś czas. Kasowanie całej płyty trwa około 37 minut. Ponieważ jest to spore utrudnienie, dlatego ustalono, iż wystarczy zmienić tylko dane w obszarze zawierającym informacje o

umieszczeniu ścieżek, pozostawiając bez zmian rzeczywisty obraz nagrań. Podczas nagrywania już wcześniej nagranej płyty, łączy się ze sobą technologie kasowania i nagrywania. W miejscu gdzie jest wypalony "pit", jeżeli ma być on nadal, to laser nie włącza się. Jeżeli w tym miejscu ma być „land” laser podgrzewa to miejsce, przywracając (kasując) je do stanu polimorficznego. Pozostałe operacje nagrywania dokonują się zgodnie z zasadą opisaną przy nagrywaniu CD-R. Na koniec płyta jest finalizowana. Taki sposób zapisywania płyt CD-RW powoduje, że jest to operacja dużo wolniejsza niż przy zapisie płyt jednokrotnego zapisu.

Ciągłe poszukiwanie nowych materiałów i rozwiązań, może stać się przyczyną, iż opisane tutaj procesy będą zachodziły inaczej, ale dla nas użytkowników liczy się dobra jakość zapisu i wygoda użytkowania.

A co z nagrywaniem DVD?

Wiemy już, że najtańszym i najłatwiejszym sposobem na wykonanie własnego nagrania jest użycie nagrywarki komputerowej lub stacjonarnej.

Formaty DVD-Audio i konkurencyjny SACD są już faktem. Ale zapewne jeszcze przez jakiś czas nie będzie możliwe dokonanie nagrania płyt w tych formatach.

Inaczej jest w przypadku DVD-Video. Tutaj pojawił się inny problem - problem nadmiaru formatów. Konkuruja trzy (jak na razie) niezgodne ze sobą formaty wielokrotnego zapisu: DVD-RAM, DVD-RW, DVD+RW oraz format jednokrotnego zapisu - DVD-R. Każdy z nich pretenduje do roli uniwersalnego standardu zapisu.

DVD-RAM.



Format ten opracowany przez Toshiba i Matsushita (Panasonic) został zaprojektowany jako sposób wielokrotnego zapisu danych komputerowych. Z czasem zaczęto używać go do rejestracji filmów video. Jego zasadniczą zaletą jest duża odporność zapisu na błędy. By chronić płytę przed uszkodzeniem zamknięta ją w specjalnej kasecie, dzięki czemu chroniona jest przed kurzem i zarysowaniem. Dodatkowym czynnikiem zwiększającym niezawodność zapisu jest skomplikowany system logicznej organizacji bloków danych, wzorowany na dyskach stałych.

Dysk DVD-RAM podzielony jest na 24 obszary zbudowane z pewnej ilości sektorów. Dzięki temu uzyskano dużą gęstość zapisu i dobrą korekcję źle zapisanych sektorów, które automatycznie są zastępowane przez inne sektory.

Kolejną zaletą to bardzo duża liczba cykli zapisu i kasowania danych, dochodząca nawet do 100 - 120 tys. Wszystko to sprawia, że spośród trzech rywalizujących ze sobą formatów DVD-RAM najlepiej odpowiada wymaganiom stawianym pamięciom masowym używanym w komputerach PC.

Wadą takiego rozwiązania jest brak zgodności z formatem DVD-Video. Na płycie można

wprawdzie nagrać film, ale nagrania nie da się odtworzyć na zwykłym odtwarzaczu DVD. Wielu producentów odtwarzaczy DVD wprowadza możliwość odczytu płyt zapisanych w wielu formatach, łącznie z DVD-Audio. Są to jednak droższe konstrukcje.

DVD-RW.

Firma Pioneer, opracowała własny standard wielokrotnego zapisu płyt DVD. Jest on bardziej zgodny z zapisem DVD-Video niż DVD-RAM. Filmy zarejestrowane w tym formacie można odtwarzać przy użyciu odtwarzacza DVD, lecz tylko nowej generacji. Starsze modele, których sprzedano już miliony nie poradzą sobie z płytą DVD-RW. Powodem są zarówno różnice pod względem fizycznych parametrów warstwy nośnika (zwłaszcza współczynnika odbicia światła), jak i nieco odmienna struktura danych zapisanych na płycie. Ujednolicenie tej struktury okazało się bardzo skomplikowane i Pioneer zrezygnował z pełnej kompatybilności. Największa trudność przy dopasowywaniu struktury zapisu na płycie DVD do struktury zapisu używanego w technologii DVD-Video wynika a niezwykle złożonego sposobu kodowania danych na płytach DVD-Video. Podczas opracowywania koncepcji tego standardu założono, że cała treść płyty jest przygotowana i dostępna przed rozpoczęciem zapisu (w profesjonalnym studio). W tym czasie nie znano jeszcze technologii CD-R i CD-RW, więc nikt nie troszczył się o to, by w przyszłości ułatwić wielokrotny zapis na płytach DVD.

Dlatego płyty DVD-RW Pioneer mają podobną strukturę fizyczną nośnika jak płyty DVD-Video, ale struktura zapisu jest nieco inna. Do zapisu takich płyt Pioneer proponuje nagrywarki, które posiadają niezbędne funkcje magnetowidowe i edycyjne. Operacje montażu filmu i jego nagrania są wykonywane szybko i łatwo jak w komputerowych systemach montażu nieliniowego.

DVD+RW.

Format ten proponuje Philips. Popierany jest przez Sony, Hewlett Packard, MCC/Verbatim, Ricoh Thomson, Yamaha i wiele innych firm. Opracowując swój format, wybrał najtrudniejszy wariant pełnej zgodności z płytą DVD-Video. Pierwszy problem do rozwiązania polegał na opracowaniu nośnika do wielokrotnego zapisu o parametrach zbliżonych do parametrów płyty DVD-Video. Dzięki użyciu materiałów polikrystalicznych typu Ag-In-S-Te (srebro, ind, antymon, tellur) współczynnik odbicia światła w fazie polikrystalicznej i amorficznej są zbliżone do „zwykłej” płyty DVD, dzięki czemu może być odczytana na każdym z odtwarzaczy płyt DVD. Bardziej skomplikowane jest zapewnienie zgodności struktury logicznej danych zapisanych na płycie. Dlatego buforuje się sygnał wejściowy przed zapisaniem, a procesor dokonuje zapisu po odpowiedniej obróbce, partiami. Aby możliwe było łatwe nawigowanie po menu naszej płyty zastosowano skomplikowany system indeksowania, nawigacji i edycji.

Jeżeli chodzi o obsługę nagrywarki Philipsa jest ona bardzo uproszczona. Podczas nagrywania niepotrzebne są ani czasochłonne przygotowania ani długotrwałe ustawienia czy regulacje. Po umieszczeniu płyty DVD+RW w urządzeniu należy wybrać źródło nagrania i włączyć funkcję *Record*. Rejestrator sam utworzy przy pierwszym nagraniu na płycie główne menu dostępu do zarejestrowanego materiału filmowego w postaci tzw. klatek kluczowych. W

odpowiednich polach informacyjnych można wprowadzić krótką nazwę danego nagrania, czas trwania oraz tryb (*standard, long play* itp.) Menu zostaje uaktualnione za każdym razem, kiedy jest dodawane nowe nagranie. Nowe nagranie może być dodane w każdej chwili, mogą być wprowadzane zmiany, można także usuwać całość jak i część nagrania. Można dodawać tekst i dubbingować ścieżkę dźwiękową. Rejestrator oferuje także funkcje dostępne w magnetowidzie. Łatwe w obsłudze menu wyświetlane jest na ekranie telewizora. Nagranie może być odtworzone natychmiast, także na tym samym rekorderze, a także na dowolnym odtwarzaczu DVD bez konieczności finalizacji płyty.

Nagrania dokonuje się na płycie jednostronnej o pojemności płyty 4.7 GB, co w zależności od poziomu jakości nagrania (*High Quality, Standard Play, Long Play, Extended Play*) pozwala na zapis jedno, dwu, trzy i czterogodzinny. Do rejestracji można użyć także płyty dwustronnej o podwójnej objętości, co oczywiście dwukrotnie zwiększa czas nagrania. Poziomy jakości nagrania mogą być mieszane na jednej płycie, rekorder czy odtwarzacz automatycznie rozpozna tryb nagrania.

W porównaniu z formatem DVD-RAM mniejsza jest trwałość płyty, umożliwia nam około 1000 krotny zapis na płycie.

Na płycie DVD+RW mogą być także nagrane dane komputerowe, a nagrywarki dostosowane do montażu w komputerze PC są już dostępne.

DVD-R

Jest to znany format do jednokrotnego zapisu płyt DVD. Pojemność płyty wynosi 4.7 GB. Na płycie DVD-R można zapisywać tak dane komputerowe jak i filmy. Filmy wcześniej trzeba poddać procesowi authoringu (patrz „Słownik”), aby dodać elementy interaktywne, wymagane przez część odtwarzaczy stacjonarnych (indeksowanie ścieżek, plansze menu) by mogły być odtwarzane na dowolnym odtwarzaczu DVD.

Film na płycie CD

Doskonalenie metod kompresji i burzliwy rozwój tak Internetu jak i upowszechnienie nagrywania na płytach CD-R zaowocowało możliwością nagrywania filmów pełnometrażowych na płytach CD. Do zapisu używa się metod kompresji opracowanych przez różne firmy. Wprowadzenie pełnometrażowy film mieści się zwykle na dwóch płytach CD, ale nie przeszkadza to w rozpowszechnianiu (z reguły nielegalnym) filmów. Do kompresji sygnału video i audio używa się różnych formatów. Są one udoskonalane, często powstają nowe, dlatego omówię tylko te najbardziej popularne.

DivX.

Dawniej ten format był używany do płatnego odtwarzania filmów z nośników zbliżonych parametrami do DVD. Obecnie jest to najpopularniejszy format do zapisu filmów na płytach CD. Dla odróżnienia od „starego” dodaje się do nazwy internetowy „uśmieszek” - **DivX:-)**. Powstał jako „wspólne” dzieło Microsoftu i hackerów. Firma Microsoft przez długie miesiące intensywnie pracowała nad rozwojem formatu ASF pozwalającego na bardzo efektywne

przesyłanie danych multimedialnych przez Internet. ASF basuje na bibliotekach, w których znalazły się także kodeki MPEG-4 i MP3. Microsoft zablokował możliwość posłużenia się tymi bibliotekami poza własnym programem Windows Media Encoder. Była to wspaniała okazja dla hackerów, którzy szybko złamali zabezpieczenia i powstał format, upowszechniony w Internecie, nazwany nieco przewrotnie DivX, zdolny do pracy nie tylko z Windows Media Encoder, ale także z każdą aplikacją pozwalającą na edycję i kodowanie obrazu.

Dzięki DivX-owi można zapisać na jednej płycie CD 1 - 1.5 godzinny film o jakości porównywalnej z DVD (co zajmuje to tylko 800 MB). MPEG-4 tylko w niewielkim stopniu ustępuje MPEG-2 używanemu w DVD. Różnice w obrazie widoczne są tylko po bliższej obserwacji i to w specyficznych momentach, np. w mało kontrastowych, ciemnych scenach. W porównaniu z innymi metodami kompresji, DivX wyróżnia się szybkością. Dźwięk zapisany w formacie MP3 umożliwia otrzymanie stereofonicznej ścieżki dźwiękowej o częstotliwości próbkowania 48 kHz i rozdzielczości 16 bitów. Niestety filmy kodowane za pomocą DivX-a nie pozwalają na uzyskanie dźwięku Dolby Digital czy DTS.

Wadą tego formatu jest także brak możliwości odtworzenia płyty na stacjonarnym odtwarzaczu DVD. Możemy je odtwarzać tylko w komputerze PC z szybkim procesorem i zainstalowanym Windows. DivX-owi brakuje także wygodnych cech, jak menu, wybór różnych wersji językowych itp., chociaż za pomocą specjalnych programów, np. microDVD Player możemy dodać do filmu napisy w różnych językach (np. polskim) czy menu, co zbliża ten format do DVD.

Ponieważ oprogramowanie jest do zdobycia bezpłatnie w Internecie, format ten zdobył dużą popularność. Stał się on poważnym problemem (jak MP3 w muzyce) dla firm zajmującym się produkcją i dystrybucją filmów. W rozwoju tego formatu może przeszkodzić opór właściciela, czyli Microsoftu o także ostre reakcje organizacji chroniących prawa autorskie producentów.

VCD - Video Compact Disc.

Jest to jeden z pierwszych cyfrowych formatów wideo. Jego podstawową zaletą jest to, że jako nośnik wykorzystuje się zwykłą płytę CD. Jego największą wadą jest niska jakość filmów. Zapis pełnometrażowego filmu wymaga z reguły dwóch dysków CD. Jako standard przyjęto rozdzielczość 352 x 288 pkt. (PAL), czyli jedną czwartą pełnej rozdzielczości, co odpowiada w przybliżeniu rozdzielczości magnetowidu VHS. Do zapisu używa się MPEG-1. Nie umożliwia dodawania ścieżek dźwiękowych czy napisów. Format już przestarzały.

miniDVD.

Nie jest to w zasadzie nowy format, lecz wykorzystanie istniejącego formatu DVD do nagrywania na płytach CD. Po prostu przygotowany film w formacie DVD wypala się na płycie CD. Ze względu na małą pojemność płyty CD mieści się tylko kilka minut filmu, dlatego format ten nadaje się do tworzenia kilkuminutowych prezentacji filmowych czy teledysku. Wadą jest to, że płyta tak przygotowana może być odtworzona tylko na komputerze. Tworzony jest format **cdDVD**, który jeśli zyska popularność, będzie umożliwiał odtworzenie płyty w każdym odtwarzaczu DVD

SVCD - Super Video Compact Disc.

Na płycie mieści się 45 minut filmu w formacie MPEG-2, o nietypowej rozdzielczości 480 x 576 pkt. W Polsce format mało popularny.

Jeszcze oprogramowanie

Aby samodzielnie nagrać płytę z filmem w którymś z tych formatów, musimy posiadać (oprócz nagrywarki CD) kilka programów. Programy te zamieniają pliki nagrane np. z kamery na żądany przez nas format (np. MPEG-4, MP3 itp.). Ponadto, jeżeli nagrywamy w formacie DVD (miniDVD) musimy użyć programu do authoringu. Jest to program do tworzenia odpowiedniej struktury katalogów na płycie ze zmultipleksowanymi danymi. Wysoki stopień komplikacji struktury dysku DVD powoduje, iż są to narzędzia bardzo złożone i trudniejsze w obsłudze niż programy do masteringu i wypalania płyt CD lub VCD. Dokładny tryb postępowania podają czasopisma komputerowe (czasem wraz z programami). Można także znaleźć strony w Internecie, w których znajdziemy tak opis postępowania jak i programy do ściągnięcia.

Podsumowanie

Wykonanie własnej płyty CD jest bardzo łatwe. Bardziej skomplikowane jest nagranie filmu i to nie tyle z przyczyn technicznych, ale z nadmiaru formatów. Prawdopodobnie rynek wyeliminuje niektóre z nich (być może pojawią się nowe) a te, które pozostaną, będą odtwarzane w uniwersalnych odtwarzaczach tak komputerowych jak i stacjonarnych. Jeżeli zakupimy stacjonarny rekorder do tworzenia płyt DVD w którymś z formatów, to nagranie filmu jest łatwe. Próba nagrania filmu na nagrywarkę komputerowej jest bardziej skomplikowana - wymaga posiadania i umiejętności obsługi wielu programów - do kodowania, authoringu i nagrywania. Ale za to możemy wykazać się umiejętnościami przy tworzeniu (prawie) profesjonalnego filmu w formacie DVD.

Proste jest tworzenie filmu na płycie CD w formacie DivX.

Pamiętajmy, że kopiowanie filmów tylko na własny użytek jest legalne.

Autor: Stanisław Chrząszcz

Źródło: <http://audioton.republika.pl/>