

Lekcja 6

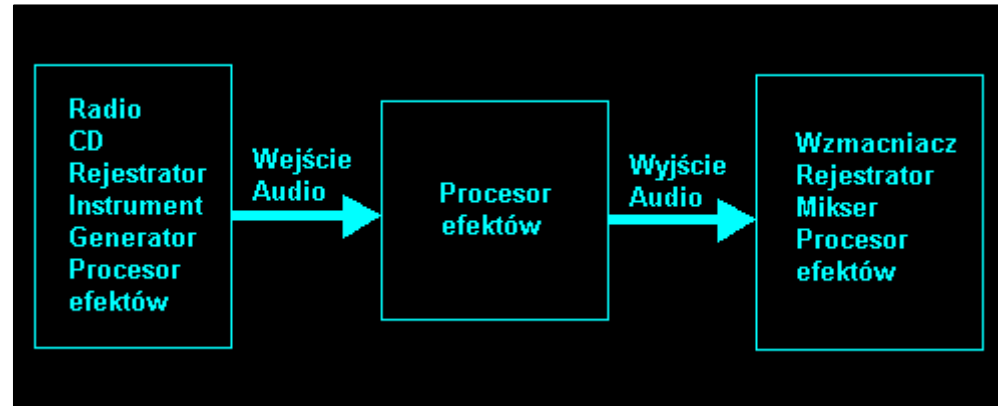
Temat: Urządzenia do wytwarzania dodatkowych efektów akustycznych

Poza pewnymi szczególnymi przypadkami, żaden dźwięk w otaczającym nas świecie nie istnieje w czystej, sterylnej postaci. Nawet na otwartej przestrzeni, na plaży czy na łące, zawsze dźwiękom towarzyszą jakieś odbicia, które nadają im odpowiedni charakter i umożliwiają lokalizację źródła dźwięku przez zmysł słuchu. Wspomniane szczególne przypadki to specjalne pomieszczenia, służące do pomiarów akustycznych, zwane komorami bezechowymi. Umieszczone w nich pochłaniacze eliminują praktycznie jakiegokolwiek odbicia, dzięki czemu możliwe są niczym nie skażone pomiary rozmaitych przetworników elektroakustycznych, na przykład głośników i mikrofonów. Człowiek znajdujący się w takim pomieszczeniu czuje się jednak bardzo nie swojo, ponieważ pozbawiony jest właśnie tej informacji o otoczeniu, którą niosą mu odbicia dźwięku a dodatkowo jest całkowicie odizolowany od wszelkiego tła dźwiękowego towarzyszącego mu od urodzenia. Współczesne techniki dźwiękowe stosowane w muzyce rozrywkowej (i nie tylko tam) polegają na wykorzystywaniu dużej liczby mikrofonów poumieszczanych blisko źródeł dźwięku. W ten sposób wyeliminowane zostają wzajemne przesłuchy i łatwiej jest posługując się wieloma odseparowanymi od siebie kanałami wyważyć prawidłowo proporcje nagrania. Po zmiksowaniu zebranych w ten sposób instrumentów nagranie zabrzmie jednak bardzo płasko, ponieważ pogłos i odbicia towarzyszące dźwiękom instrumentów będą bardzo małe, podobnie jak w komorze bezechowej. Do tego jeszcze większość współczesnych studiów nagraniowych charakteryzuje się stosunkowo niewielkim pogłosem i jest dość silnie wytłumiona. Dla otrzymania plastycznego nagrania, bogatego w rozmaite przestrzenie i efekty, niezbędne jest posłużenie się urządzeniami wytwarzającymi nie istniejące w momencie nagrywania instrumentów efekty akustyczne. W pewnych sytuacjach można oczywiście posłużyć się dodatkowymi, oddalonymi mikrofonami, zbierającymi akustykę pomieszczenia, jednak rzadko zdarzają się warunki odpowiadające najlepszym salom koncertowym.

Już u samego zarania przemysłu nagraniowego próbowano naśladować naturalne odbicia i pogłos. Pierwsze efekty polegające na opóźnieniu dźwięku zostały uzyskane przez przesłanie sygnału liniami telefonicznymi z miasta do miasta i z powrotem. Ponieważ każde łącze telefoniczne charakteryzuje się opóźnieniem sygnału, uzyskano w ten sposób efekt niewielkiego echa. Ten pierwszy eksperyment pozostał zresztą do dzisiaj w nazwie najpopularniejszego chyba urządzenia efektowego - **linii opóźniającej**, która z tą pierwotną linią telefoniczną nie ma oczywiście już nic wspólnego. W latach sześćdziesiątych do wytwarzania opóźnień używany był magnetofon z trzema głowicami, na którym uzyskiwano wiele ciekawych efektów a w miarę rozwoju elektroniki zbudowano urządzenia opóźniające już bez części mechanicznych, początkowo analogowe, a później cyfrowe.

Do symulowania w warunkach studyjnych nieistniejących pomieszczeń i wytwarzania sztucznego pogłosu stosowane były wiele lat temu specjalne pomieszczenia, tak zwane komory pogłosowe. Wyłożone były one kafelkami, wyposażone w szereg ruchomych przegród, pozwalających zmieniać charakter pogłosu, a w środku umieszczony był głośnik i mikrofony. Komory pogłosowe zajmowały jednak cenną powierzchnię kompleksu studyjnego i miały niewielkie możliwości zmiany charakteru pogłosu. Zaczęto więc konstruować rozmaite urządzenia elektromechaniczne, jak **płyty pogłosowe**, wytwarzające pogłos w arkuszu stalowej, pobudzanej do drgań blachy czy **pogłos sprężynowy** wykorzystujący do tego system stalowych drgających sprężyn. Na tej ostatniej zasadzie oparte jest zresztą działanie pogłosów stosowanych do dzisiaj we wzmacniaczach instrumentalnych. Z chwilą pojawienia się techniki cyfrowej nastąpiła prawdziwa ekspansja elektronicznych **procesorów dźwięku**, które swoimi możliwościami znacznie przewyższają wszystko to, co spotykane jest w naturze i pozwalają na wytwarzanie nawet nie istniejących efektów, czasem wręcz szokujących.

Urządzenia, o których jeszcze dziesięć lat temu profesjonalne studia nagrań mogły tylko marzyć, dziś można kupić za rozsądną cenę w sklepach muzycznych. Jeżeli do tego zauważymy, że średniej klasy komputer z odpowiednim oprogramowaniem ma "w sobie" kilkanaście kompresorów, bramek, to okaże się, że w przeciętnym studiu domowym jest więcej procesorów efektowych, niż nam się wydaje, a z pewnością więcej niż potrzeba. Efekty dźwiękowe takie jak **ECHO, REVERB (POGŁOS), CHORUS, FLANGER, PHASER** są niezastąpione w produkcjach dźwiękowych. Są też częścią systemów audio powszechnego użytku. Większość z nich jest realizowana za pomocą procesora sygnałowego, który może znajdować się w osobnym module lub też być wbudowany w urządzenie np. w klawiaturę lub moduł brzmieniowy. Typowy schemat ideowy przedstawia rys.1.



Rys.1. Schemat ideowy systemu przetwarzania dźwięku

Procesor pobiera sygnał audio z instrumentu lub rejestratora i próbkuje go np. z częstotliwością 44,1 kHz. Następnie zostaje on przetworzony zgodnie z algorytmem procesora, zrekonstruowany do postaci analogowej i podany do kolejnego urządzenia systemu np. wzmacniacza m.cz. W systemach cyfrowych proces próbkowania i rekonstrukcji może być pominięty, a sygnał jest transmitowany tylko w postaci cyfrowej. Trzeba jednak pamiętać o zgodności częstotliwości próbkowania poszczególnych elementów systemu, a w razie niezgodności zastosować algorytm przepróbkowywania (interpolacja, decymacja) sygnałów cyfrowych.

1. ECHO

Jest to powtarzanie oryginalnego sygnału audio po ustalonym czasie opóźnienia oraz ze stłumioną amplitudą. Efekt naśladuje odbijanie się fal akustycznych od dużych, oddalonych obiektów. Szybko powtarzające się odbicia określa się mianem echa trzepoczącego.

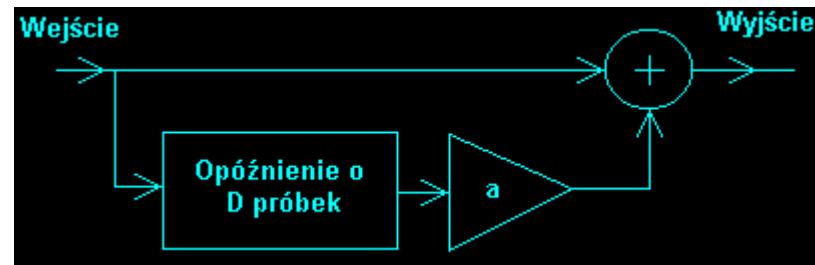
Słyszalny jest:

dźwięk bezpośredni,

dźwięk odbity - z pewnym opóźnieniem

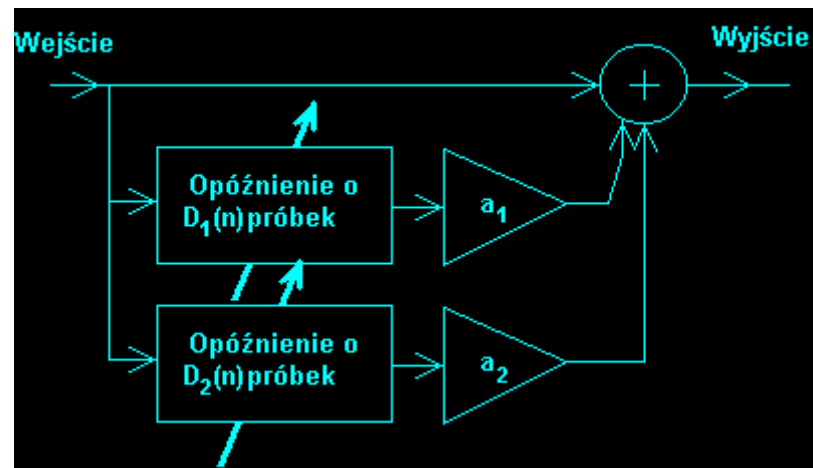
ewentualnie kolejne odbicia

Różnica czasu pomiędzy dźwiękiem bezpośrednim a odbitym ($t_1 - t_0$) musi wynosić min. 80-100 ms.



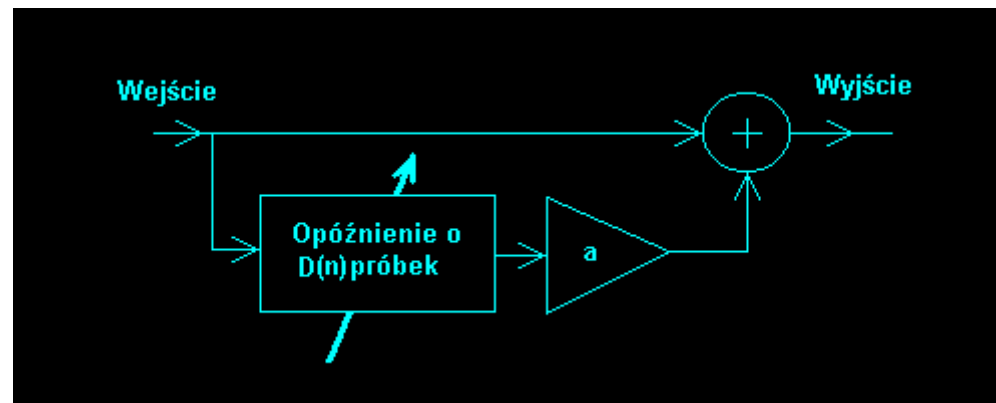
2. CHORUS

Niektóre linie opóźniające mają możliwość modulowania opóźnienia przebiegiem wolnozmiennym (np. sinusoidalnym) z wbudowanego generatora i wtedy mogą być one wykorzystane do tworzenia innych efektów. Jeżeli zmieniamy czas opóźnienia, to zmianie ulega też wysokość opóźnianego dźwięku - zmniejszanie opóźnienia podwyższa dźwięk i odwrotnie. Ta cecha linii opóźniającej wykorzystana jest w efektach zwanych CHORUS i FLANGER. Efekt znany jako CHORUS (uzyskiwany poprzez dodanie do sygnału jego wersji opóźnionej) jak sama nazwa wskazuje służy do wytworzenia efektu chóru, a więc sztucznego zwiększenia ilości wykonawców. Chodzi o to, aby śpiewało więcej ludzi - a więc żeby śpiewali niezbyt równo i niezbyt czysto. Dobry CHORUS powinien składać z większej ilości linii opóźniających, aby wrażenie było lepsze. Ważne parametry to **rate** czyli częstotliwość sygnału modulującego, głębokość modulacji **depth** określająca intensywność efektu oraz sprzężenie zwrotne **feedback** - zbyt wysokie powoduje charakterystyczny i niepożądany (albo właśnie pożądaný) efekt "rury". Dodane opóźnienie zmienia się w sposób ciągły pomiędzy ustalonym poziomami ze stałym współczynnikiem. Typowo przyjmuje się, że opóźnienie zmienia się pomiędzy **20ms** a **40ms** ze współczynnikiem **0.25Hz**. Algorytm jest identyczny jak dla ECHO. Należy tylko zmodyfikować go o linię dokonującą zmiany poziomu opóźnienia pomiędzy minimalnym a maksymalnym z pewnym współczynnikiem. Zmiany opóźnienia są losowe, co powoduje naturalność brzmienia. $D(n)=d(0.5+v(n))$ lub $D(n)=d1+(d2-d1)(0.5+v(n))$ gdzie $v(n)$ - wolnozmienna funkcja losowa o wartości średniej równej zero.



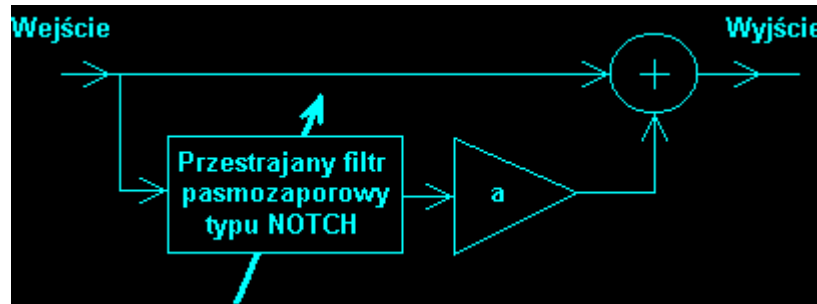
3. FLANGER

Jest to wersja efektu CHORUS. Różnica między nimi polega na innych wartościach z jakimi zmienia się opóźnienie dodawanego echa. Jeżeli zmniejszymy czas opóźnienia do rzędu kilku milisekund, słuch ludzki nie będzie w stanie odróżnić sygnału bezpośredniego od opóźnianego i słyszeć będziemy jeden dźwięk, ale o znacznie zmienionej barwie ponieważ niski czas opóźnienia powoduje wzmocnienie jednych częstotliwości i osłabianie innych (filtr grzebieniowy). Opóźnienie to zmienia się w granicach **1ms do 5ms** ze współczynnikiem około **0.5Hz**. Tak więc efekt ten jest odmianą filtra grzebieniowego, którego opóźnienie **D** nie jest stałe lecz zmienia się cyklicznie. Podobnie jak dla echa stosuje się wersję **FIR** jak i **IIR**.

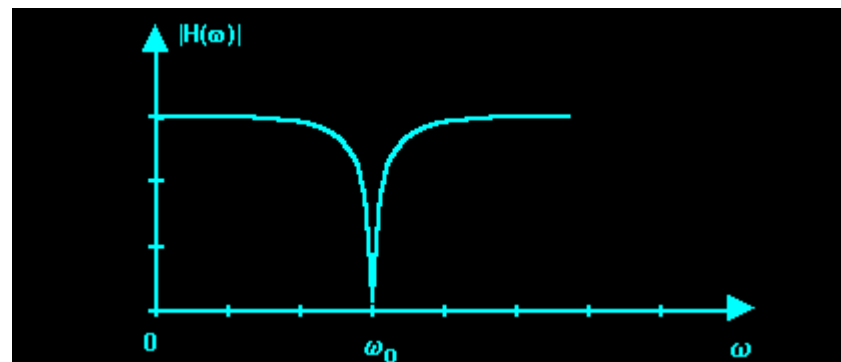


4. PHASER (przesuwanie fazy)

Jest efektem popularnym wśród gitarzystów oraz instrumentalistów klawiszowych, gdyż wprowadza efekt "pływania" barwy dźwięku. Istotą całego algorytmu jest przesuwnik fazy realizowany za pomocą filtra pasmowaporowego o bardzo wąskim paśmie zaporowym wokół częstotliwości ω_0 zwanym z angielskiego *notchem*, przy czym częstotliwość ta zmienia się w czasie. Sumowany jest sygnał bezpośredni i opóźniony fazowo.



Dla częstotliwości "wcięcia" filtra obserwujemy raptowny skok fazy, powodujący tłumienie lub wzmocnienie sygnałów bliskich ω_0 po zsumowaniu. Zmiana położenia na osi częstotliwości jest regulowana generatorem drgań wolnozmiennych bądź pedałem nożnym.

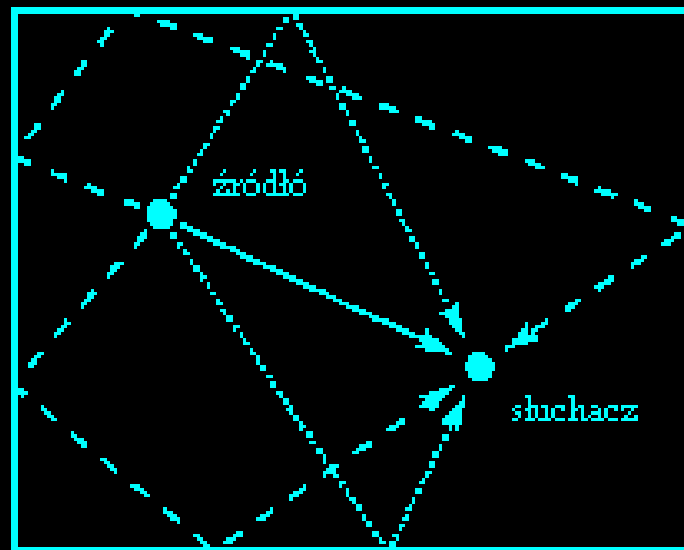


5. REVERB POGŁOS

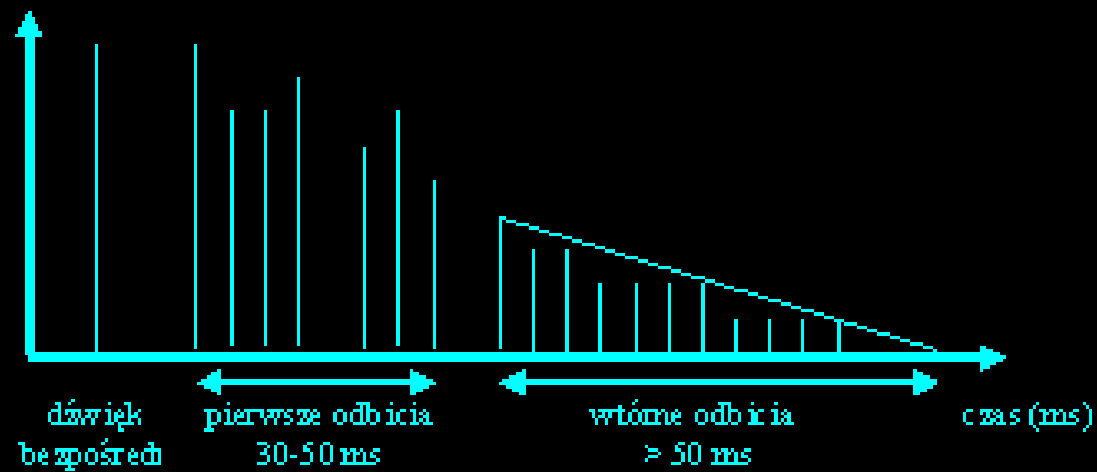
Jest to jeden z najważniejszych efektów. Używany jest do symulowania akustycznej przestrzeni w jakiej można słuchać dźwięku. U podstaw tego efektu leży wielodrogowość odbieranego przez nas dźwięku, który jest emitowany z jednego miejsca, a dociera do nas poprzez wielokrotne odbicia od ścian pomieszczenia. Jeżeli jesteśmy w sali koncertowej, jej odpowiednio wyliczona przestrzeń zapewnia, że dociera do nas dźwięk odtwarzany przez orkiestrę w linii prostej, a także poprzez wielokrotne odbicia od ścian sali. Jeżeli słuchalibyśmy tego samego utworu w małym pomieszczeniu, to nie uzyskamy efektu przestrzennego rozchodzenia się dźwięku z powodu braku związanych z tym jego odbić. Możemy to zrekompensować poprzez sztuczne dodanie do dźwięku takiej jego wersji opóźnionej aby symulowała i wytwarzała złudzenie akustyczne dużej przestrzeni takiej jak właśnie np. sala koncertowa. Ponieważ sale koncertowe są projektowane z uwzględnieniem muzyki jaka będzie w nich odtwarzana, symulowana przestrzeń w efekcie REVERB jest zmieniana poprzez wprowadzanie większych lub mniejszych opóźnień dodawanych do pierwotnego sygnału muzycznego. Ponieważ odbierany przez nas sygnał akustyczny dociera po różnych drogach, do naszego mózgu docierają: dźwięk bezpośredni (w linii prostej), tzw. wczesne odbicia oraz ich odmiana późna. Bardzo duże znaczenie mają tutaj odbicia wczesne, są one ignorowane przez nasz umysł (nie słyszymy ich) ale za to właśnie, ich obecność stwarza iluzję akustycznej przestrzeni. A jak to się ma w praktyce, warto wspomnieć, że efekt taki wykorzystywany jest w tzw. "Dolby Surround" w kinach. Główny głośnik znajduje się pod ekranem, głośniki "pomocnicze" odpowiednio rozmieszczone po bokach sali. Wersja dźwięku, która dochodzi do nas z przodu ekranu jest wspomagana przez tą samą wersję dźwięku ale odtwarzaną z bocznych głośników odpowiednio jednak opóźnioną w czasie. Daje to właśnie zamierzony efekt jego przestrzenności. Ilość odbić jest na tyle wysoka, że stają się nierozróżnialne dla ucha.

Samo zjawisko można podzielić na trzy fazy (rys.15) :

- do słuchacza dociera dźwięk bezpośredni (Direct sound);
- do słuchacza docierają czoła fal po pierwszym odbiciu (Early reflections);
- wtórne odbicia nie rozróżnialne dla ucha-pogłos właściwy (Multiple reflections).



poziom



Parametry efektu:

Celem stosowania efektu pogłosu jest zwykle zasymulowanie akustyki pomieszczenia. Jest to zjawisko bardzo ważne w akustyce. Jakość pogłosu pomieszczenia wpływa na zrozumiałość mowy i brzmienie instrumentów. Dzięki sztuczному pogłosowi możemy wpływać na walory przestrzenne nagrań, audycji lub innych produkcji dźwiękowych. Procesor pogłosowy ma więc symulować brzmienie pomieszczeń i w związku z tym musi mieć możliwość dostosowania swoich parametrów do aktualnych potrzeb i wymagań użytkownika. Widzimy więc, że jednym z podstawowych parametrów pogłosu będzie **rodzaj symulowanego pomieszczenia** (w opisie w języku obcym najczęściej **TYPE**):

Hall - symulacja rzeczywistych, szeroko brzmiących sal koncertowych; takie pogłosy stosowane mogą być wszędzie, przede wszystkim do wokalu, instrumentów solowych, klasycznych itp.;

Room - pogłosy odpowiadające akustyce pomieszczeń o mniejszych gabarytach, typowo mieszkalnych; stosowane są do uplastyczniania rozmaitych pomocniczych instrumentów, chórów, instrumentów perkusyjnych, sekcji smyczków itp.;

Chamber - podobne do poprzednich, lecz naśladowane tu pomieszczenia są jeszcze mniejsze i akustycznie bardziej głucho;

Plate - jest to naśladownictwo jasnych, sypkich pogłosów, wytwarzanych niegdyś przez wspomniane płyty pogłosowe; użyteczne do perkusji, sekcji instrumentów dętych, przesterowanych gitar elektrycznych;

Spring - spotykany rzadziej, symuluje sprężyny pogłosowe, użyteczny oczywiście przede wszystkim do gitar elektrycznych;

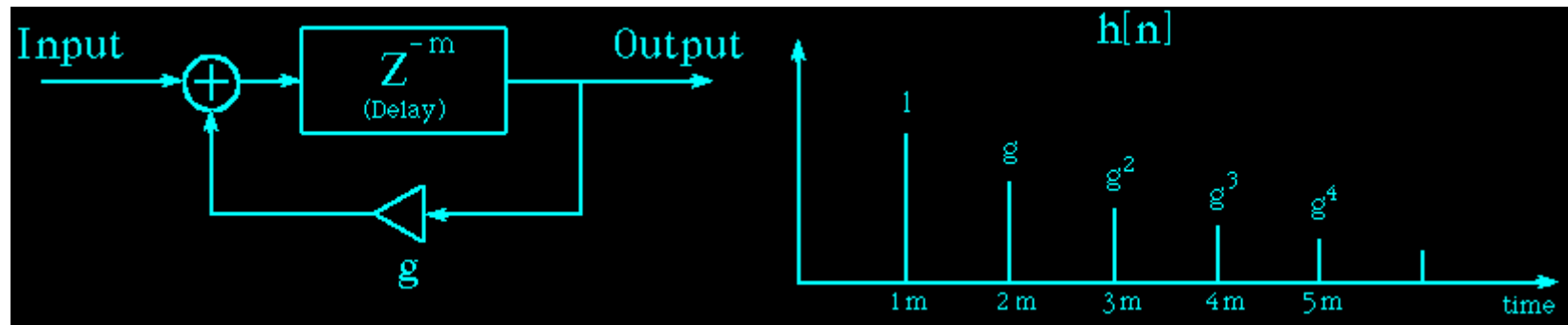
Gated - pogłos bramkowany, bardzo ekspresyjny, uzyskiwany dawniej przez skracanie wybrzmienia normalnego pogłosu przy użyciu bramki szumów; stosowany do perkusji: werbla, dużego bębna i tamtamów, użyteczny również przy krótkich czasach bramki do uplastyczniania wokalu i innych instrumentów;

Reverse - pogłos odwrócony, używany na ogół dla osiągnięcia efektów specjalnych.

Church lub **Cathedral** - Kościół,

Stage - scena.

Aby określić ilościowo pogłos należy zmierzyć tzw. **czas pogłosu (Reverb Time lub Decay)** tzn. czas po którym energia fal akustycznych odbijających się w pomieszczeniu zmaleje do -60dB w stosunku do energii panującej w tymże pomieszczeniu w momencie wyłączania impulsu testującego. Zależy on od: wymiarów i kształtu pomieszczenia, materiałów pokrywających ściany, obiektów znajdujących się w pomieszczeniu. Generalna zasada przy doborze tego parametru głosi, że im szybszy utwór i bardziej bogata aranżacja, tym krótszy powinien być ten czas. Jeżeli nasz procesor umożliwia dowolne kształtowanie czasu pogłosu, to powinniśmy wiedzieć, że w celu uzyskania w miarę naturalnych efektów należy ustawiać czasy pogłosu odpowiednie dla danego typu pogłosu - to znaczy około 1s dla pogłosów typu ROOM, 2s dla PLATE i około 3s dla HALL lub CATHEDRAL. Kolejny parametr o zdecydowanym wpływie na brzmienie pogłosu to opóźnienie wstępne **Predelay**. Jest to czas pomiędzy sygnałem bezpośrednim, a pierwszym docierającym do słuchacza odbiciem pogłosu. Jest więc oczywiste, że pogłos nie pojawia się od razu, lecz dopiero po pewnym czasie, który to czas związany jest przede wszystkim z rozmiarami pomieszczenia, ale również z położeniem źródła dźwięku i słuchacza w tymże pomieszczeniu. Zmieniając ten parametr możemy zmieniać "wielkość" pomieszczenia, ale również odległość słuchacza od źródła dźwięku. Zbyt małe wartości tego czasu powodują zlewanie się pogłosu z sygnałem bezpośrednim, a zbyt duże powodują nieprzyjemny efekt odbicia, towarzyszącego pogłosowi. Standardowe ustawienie dla większości zastosowań to 5 - 40 ms. Ten parametr ma duże znaczenie przy pogłosach stosowanych dla perkusji. Odpowiednio dobrany zwiększa ekspresyjność takiego pogłosu, najczęściej typu PLATE. Dłuższe opóźnienie wstępne, rzędu 100 ms, stwarza wrażenie olbrzymiej przestrzeni, nawet przy niezbyt długich czasach pogłosu.



6. PING - PONG

To efekt stereofoniczny polegający na "odbijaniu się" sygnału opóźnionego pomiędzy lewym i prawym kanałem

