

# Multicore'y, stageboxy, splitterzy,

czyli zbiorowa transmisja dźwięku



**Na finalny efekt akustyczny, jaki słyszymy na każdym koncercie, ma wpływ bardzo wiele czynników. Oprócz jakości zestawów głośnikowych, wzmacniaczy, procesorów, mikserów i tym podobnych „widocznych” elementów toru elektroakustycznego, bardzo ważną rolę odgrywają wszelkie połączenia tych urządzeń między sobą. Często jest to czynnik niedoceniany, ale fachowcy wiedzą, ile krwi potrafi czasem napsuć nawet jeden niesprawny kabelek czy pojawiająca się pętla mas.**

W tym odcinku porad i wskazówek zajmę się więc omówieniem wąskiej działości techniki scenicznej, jaką są kable wieloparowe, popularnie zwane „pytami”. Omówimy również niezbędne do współpracy z nimi moduły połączeniowe, czyli stageboxy.

## **Niby oczywistość, ale nie zawsze tak było...**

Dziś praktycznie na każdym koncercie widzimy mikser oddalony na większą lub mniejszą odległość od sceny i człowieka obsługującego konsolę, przeważnie znajdującą się w osi sceny.

Jednak taka praktyka wykształciła się dopiero pod koniec lat 60. ubiegłego wieku, kiedy to popularne stały się duże festiwale plenerowe. Przedtem mikrowaniem zajmował się akustyk będący na scenie z zespołem, często siedzący z tyłu, co oczywiście znacznie utrudniało ocenę brzmienia które docierało do słuchaczy. Ale warto np. wiedzieć, że pierwsze koncerty takich grup jak np. Led Zeppelin były nagłaśniane właśnie w ten „prymitywny” z dzisiejszego punktu widzenia sposób.

Kiedy jednak muzyka rockowa i pop stawała się coraz bardziej popularna i publiczność zaczęła być liczona w dziesiątkach tysięcy, to oczywistą stała

się konieczność lepszej kontroli nad zdarzeniami dźwiękowymi. Wówczas pojawiły się pierwsze systemy wielokanałowej transmisji między sceną a konsolą.

## **Kable wieloparowe**

Aby przesłać sygnał na mikser frontowy (FOH – front of house) najlepiej użyć jest specjalnego kabla wielożyłowego, popularnie zwanego w naszym kraju „pytą”. Oczywiście nic nie stałoby na przeszkodzie (oprócz niewygody i kosztów), żeby uczynić to przy pomocy pojedynczych kabli ekranowanych, ale ma to sens wyłącznie w przypadku małej ilości torów i praktycznie nie jest stosowane. Tak więc wymyślono kabel, który zawiera w sobie wiele stosunkowo cienkich par, najczęściej w oddzielnym ekranie (np. z folii aluminiowej), a wszystkie te pary otacza jeszcze niekiedy dodatkowy ekran oraz gruba osłona z gumy lub innego materiału, który powinien cechować się elastycznością, pracować w szerokim zakresie temperatur, no i być odpornym na urazy mechaniczne. Takie kable wykonywane są w wielu wersjach i różnią się nie tylko ilością par, lecz także typem izolacji na poszczególnych żyłach, zastoso-



Tak wygląda kabel wieloparowy w przekroju. W tym przypadku każda para posiada niezależny ekran oraz izolację.

waniem (lub nie) dodatkowego wspólnego ekranu, zaś nade wszystko różnią się, jak wszystkie inne produkty z naszej branży, jakością.

Ponieważ technologia wykonywania takich kabli wcale nie jest prosta, rynek profesjonalny jest zdominowany przez kilka firm o uznanej renomie, a tak na prawdę kable wykonuje kilka fabryk, które często zmieniają jedynie według zamówienia nadruk logo firmowego na osłonie. Oczywiście warto zainwestować w dzieło producenta o uznanej reputacji, bo tak jak wszędzie, również i w tej dziedzinie można

trafić na produkt niespełniający podstawowych wymogów technicznych. Po nabyciu takiego kabla, po pewnym dłuższym (a często krótszym) czasie intensywnej eksploatacji może okazać się, że niektóre pary przestają działać na skutek wewnętrznych przerw albo zwarców, że zwijanie takiego kabla to męka, szczególnie gdy nie stosujemy bębna, a podłej jakości złącza dają się nam nieźle we znaki – pozorowana oszczędność jak zwykle w takich wypadkach okazuje się więc jedynie iluzją.

## Podstawowa konfiguracja połączeniowa: kabel wieloparowy – stagebox

W najprostszej (i najtańszej) wersji kabel wieloparowy zakończony jest od strony miksera męskimi i żeńskimi wtykami XLR, które przylutowane są do par wyprowadzonych z „pyty”, odizolowanych i zabezpieczonych dodatkową elastyczną koszulką. Koniec znajdujący się na scenie wprowadzony jest wprost do obudowy wykonanej z metalu lub tworzywa, zaś poszczególne pary przylutowane są do gniazd XLR mocowanych do tejże obudowy, czyli stageboxa, na stałe. Zwykle „przeloty” możemy podzielić na te, które dostarczają sygnał ze sceny, oraz powroty, pozwalające wysłać na scenę sygnały miksu głównego, wysyłki do monitorów, subbasów itp. Istnieją również wersje bez powrotów, służące do uporządkowania płątaniny kabli na scenie, np. poprzez przesłanie jednym zbiorczym kablem wszystkich sygnałów z omikrofonowanej perkusji do głównego stageboxa.

Rozwinięciem powyższej koncepcji jest znacznie bardziej funkcjonalny zestaw, wyposażony w bęben kablów, ułatwiający jego zwijanie i rozwijanie. W tym wypadku wszystkie gniazda umieszcza się bezpośrednio we wnętrzu bębna. Jest to dość wygodne rozwiązanie nie tylko z uwagi na ułatwienie, o którym powyżej, ale również dlatego, że kable wpięte w bęben układają się poziomo, co zapobiega załamaniom i przedłuża ich żywotność oraz zmniejsza możliwość uszkodzenia samych końcówek, o co dość łatwo przypadku użycia prostych wersji „budżetowych”.

Skoro już wspominałem o stageboxach, warto zauważyć, że podobnie jak kable, różnią się one między sobą znacznie pod względem jakości wykonania i klasy zastosowanych złączy. W najprostszym



Popularna „budżetowa” wersja kabla wieloparowego ze skrzynką z szesnastoma gniazdami wejściowymi i czterema powrotami.



Producent tego stageboxa zastąpił część standardowych gniazd XLR gniazdami typu Combo, co alternatywnie umożliwia proste podłączenie urządzeń wyposażonych w wyjścia typu TRS.



Proste, modułowe stageboxy wykonane z tworzywa.



Nawet prosty multicore może być znacznie wygodniejszy w użyciu dzięki zastosowaniu złącza typu Harting.



Multicore ze stageboxem zintegrowanym z bębnem – droższa, ale i wygodniejsza alternatywa dla prostych rozwiązań budżetowych.



W podstawowej postaci stagebox z funkcjonalnością splittera posiada komplet wejść XLR oraz dwa komplety liczące po tyle samo wyjść.



Aby uczynić obsługę splittera wygodniejszą, projektując takie urządzenie można wyprowadzić złącza do konsolet oraz powroty na drugą stronę racka.



Stagebox-splitter 24/8 z separowanym transformatorowo wyjściem na konsoletę monitorową umieszczony w racku.



Wnętrze urządzenia – widoczne płytki drukowane, na których umieszczono wszystkie gniazda oraz transformatory separujące.

przypadku jest to pudełko z tworzywa, w którym umieszczono plastikowe złącza (bywa, że nie są one przystosowane nawet do lutowania – tylko złączki zaciskowe).

## Stage-boxy i splitterzy profesjonalne – przykład

W bardziej rozbudowanych wersjach profesjonalnych jako obudowy stageboxów stosuje się metalowe skrzynki z wysokiej klasy gniazdami, często przystosowane do montażu w racku. W takich urządzeniach kable nie są już na stałe wprowadzane do środka obudowy, tylko łączy się je za pomocą przemysłowych złącz wielopinowych, wśród których przez długie lata prym wiodły popularne „hartingi” (nazwa ta pochodzi od jednego z wiodących producentów w tej branży). Choć nazwa Harting stała się u nas synonimem tego typu złącz, to warto wiedzieć, że identyczne produkty oferuje kilka innych firm, gdyż – jak wspominałem, jest to pewien standard przemysłowy. Do celów audio używane są również już od dość dawna nieco inne modele gniazd i wtyków, np. w wykonaniu „okrągłym”; tego typu złącza także oferuje kilku producentów.

Jako że są to wyroby relatywnie drogie, używa się takich urządzeń przy bardziej zaawansowanych produkcjach. Myślę jednak, że niektórych czytelników może ze względów poznawczych zainteresować konstrukcja przykładowego stageboxa wykonanego przez autora niniejszego tekstu. Ogólne rozwiązania, które zastosowałem, są podobne do tych, które można spotkać w wyrobach fabrycznych, natomiast pewne szczegóły są owocem moich własnych przemyśleń i próbą dostosowania urządzenia do konkretnych potrzeb. Przy okazji wyjaśniam, że nie zajmuję się tego typu produkcją, a sprzęt został wykonany jako jednostkowy egzemplarz na własne potrzeby. Urządzenie, oprócz typowych funkcjonalności, wyposażylem również w opcję dodatkowej wysyłki sygnału na mikser monitorowy, jest to więc połączenie stageboxa ze splitterem – urządzeniem rozdzielającym sygnał pomiędzy obie konsolety. Stagebox wykonany został z blachy stalowej, która, oprócz walorów wytrzymałościowych, spełnia rolę ekranu chroniącego przed zakłóceniami elektromagnetycznymi. Aby było możliwe podłączenie setek



Fragment płytki drukowanej modułu stageboxa – widoczne pola lutownicze gniazd XLR, transformatorów separujących i podłączenia okablowania złącz wielopinowych.



Stagebox spięty z dwoma multicorami na bębnach, z wykorzystaniem złącz Harting.



Wykonany „chałupniczym” sposobem bęben kablów, zamontowany w racku transportowym na kółkach: 32 kanały, 30 mb, masa całości: 36 kg. Widoczny futerał zabezpieczający złącze na kablu oraz wykonana z metalu osłona, chroniąca złącze współpracujące ze stageboxem.

przewodów do gniazd wejściowych i złącz Harting, konieczne stało się zaprojektowanie specjalnych płytek drukowanych, na których umieszczono wszystkie elementy. Połączenia na druku umożliwiają różne opcje konfiguracyjne, np. prowadzenia mas, oraz pozwalają na łatwe wprowadzenie i wyprowadzenie przewodów na złącza FOH (mikser frontowy) i MON (mikser monitorowy).

Jak widać, opisywane urządzenie zostało zaprojektowane do współpracy z dwoma mikserami: frontowym i monitorowym. W praktyce napotkać można jeszcze bardziej rozbudowane konfiguracje, gdy np. oprócz miksera odsłuchowego istnieje konieczność niezależnego wysłania wszystkich sygnałów m.in. na potrzeby rejestracji TV lub nagrań live. Niektóre tańsze splitterzy nie posiadają transformatorów separujących, co może czasem skutkować pojawianiem się zakłóceń o charakterze przydźwięków, najczęściej wynikających z powstawania pętli mas. Dlatego w urządzeniach profesjonalnych stosuje się galwaniczną separację przy pomocy specjalnych transformatorów. Ich jakość, podobnie jak tych, które stosowane są w opisanych w poprzednim artykule DI-boxach, jest decydująca dla poprawnego działania splittera.



**Rozbudowane systemy zwykle mają budowę modułarną. Przy takiej ilości kanałów trudno wyobrazić sobie inne połączenie z konsolami niż złącze wielopinowe.**

Zastosowanie w urządzeniu wielopinowych złączy z blokadą umożliwia szybkie i pewne połączenie z mikserem, natomiast obudowa typu flight-case pozwala na umieszczenie nad splitterem dodatkowych urządzeń. Ja wykorzystałem tę przestrzeń do zainstalowania pasywnego, czterokanałowego DI-boxa, natomiast nad nim w obudowie jest jeszcze miejsce, w którym przechowuję krótkie kable XLR-XLR, służące do spinania wyjść z DI-boxa na cztery dowolnie wloty.

Skrzynkę można położyć zarówno gniazdami do góry (np. dla wygodniejszego podłączania kabli ze sceny), jak i ustawić w poziomie (gdy dokonamy już wszystkich połączeń), wykorzystując pokrywę jako podstawę stabilizującą obudowę w pozycji pionowej. Czytelnikom mniej zorientowanym w temacie należy się wyjaśnienie, że dolny rząd męskich gniazd XLR to tzw. „powroty”, czyli złącza, przez które sygnał powracający z miksera trafia na końcówki mocy systemu frontowego i monitorów. W moim urządzeniu takich powrotów jest osiem. Połowa z nich służy do przesłania sygnału na cztery niezależne tory monitorowe, w przypadku gdy obsługuje je konsola frontowa. Pozostałe przekazują sygnał z procesora głośnikowego umieszczonego w racku obok realizatora na system nagłośnienia w aktywnym układzie dwudrożnym. Oczywiście możliwe są inne konfiguracje, np. przy rezygnacji z dwóch torów monitorowych można przesłać sześć torów na końcówki nagłośnienia frontowego, gdy pracujemy w układzie trójdrożnym. Chciałbym przy okazji dodać, że gdy korzystamy z zestawów aktywnych, wystarczają w zasadzie dwa główne tory powrotne, jeśli nie ma potrzeby używania systemu monitorowego. Natomiast zawsze warto mieć kontrolę nad podziałami i proporcją między

poszczególnymi pasmami systemu wielodrożnego z poziomu konsoli frontowej, stąd konieczność zarezerwowania większej ilości powrotów.

Zwracam uwagę, że w prostych budżetowych „pytach” często spotyka się rozwiązania z tylko czterema powrotami, co w niektórych wypadkach jest mało komfortowym wyborem. Można czasem „ratować” się przez wykorzystanie jako powrotów kanałów wejściowych, np. przez zastosowanie przelotki żeńskiej na męską we wtykach XLR, ale (uwaga!) niektóre systemy mają podłączoną wspólną masę dla wszystkich torów wejściowych, przy jednoczesnym rozdzieleniu mas powrotów, a wtedy takie połączenie stwarzać może problemy, nie polecam więc jego stosowania.

### Wykonanie zaawansowanego stageboxa ze splitterem warto powierzyć fachowcom

Tego typu konstrukcje jak opisana powyżej w zasadzie rzadko można spotkać w handlu jako urządzenia wykonywane seryjnie. Na ogół wykonywane są one przez specjalizowane firmy na zamówienie, dostosowane do konkretnych zastosowań. Warto jednak zauważyć, że niektóre firmy szukając oszczędności, stosują pewne niezbyt „eleganckie” zabiegi, np. oszczędzając na ilości pinów w złączach, prowadząc dla wszystkich kanałów wejściowych wspólną masę. Ja poprowadziłem każdą parę przewodów i ekran od niej na oddzielne kontakty w złączu, co przy łącznie 32 kanałach spowodowało niemal całkowite zapełnienie złącza Harting (32 × 3 = 96). Jeśli chodzi o masę obudowy, to połączona ona jest ze specjalnym kontaktem złącz panelowych

XLR, dzięki czemu po włożeniu wtyku jego obudowa automatycznie znajduje się na masie stageboxa. Nie należy mylić tego połączenia z masą sygnałową podawaną przez pin nr 1 złącza XLR! Na wszelki wypadek wyprowadziłem również na panel dodatkowe gniazdo typu laboratoryjnego, które połączone jest bezpośrednio z masą obudowy.

Biorąc pod uwagę własne doświadczenia, konieczne zabiegi konstrukcyjne i wkład pracy, odradzam wykonywanie tego typu urządzeń we własnym zakresie – zdecydowanie lepiej zwrócić się do firm, które zajmują się tym profesjonalnie. Natomiast w przypadku prostych stageboxów można pokusić się o ich samodzielne wykonanie, choć opłacalność takich działań też stoi pod znakiem zapytania, gdyż trudno w tym zakresie konkurować z Chińczykiem...

### Cyfrowa przyszłość systemów multicorowych

Mimo oczywistych zalet klasycznych systemów multicorowych, niepozbawione są one oczywiście wad. Wielokanałowe „pyty” o dużej długości są ciężkie i drogie, choćby z uwagi na cenę miedzi. Każdy, kto zetknął się z techniką estradową, wie, że zwijanie dziesiątek, a czasem setek metrów takich kabli, to praca wymagająca po prostu sporego wysiłku fizycznego, a jak wiadomo, kultura fizyczna nie jest mocną stroną naszego społeczeństwa. Kable wieloparowe podatne są też na zakłócenia zewnętrzne, gdyż na długich odcinkach przewodów zawsze mogą indukować się szkodliwe prądy pasożytnicze, pochodzące choćby od systemów oświetleniowych czy zakłóceń przemysłowych. Stosowanie kabli z dodatkowym, zewnętrznym ekranem jest raczej zarezerwowane dla instalacji stacjonarnych z uwagi na znacznie mniejszą elastyczność takiej wersji. Nie bez znaczenia jest również pojemność żył w długich połączeniach, która może mieć wpływ na ograniczenia pasmowe sygnału.

Wszystkie te czynniki powodują, że od jakiegoś czasu możemy zaobserwować tendencję do wkraczania dziedziny zbiorczej transmisji sygnałów w domenę cyfrową. Trudno się dziwić, gdyż niezwykle kuszące wydaje się przesłanie sygnału cienkim kabelem, wykorzystującym protokół cyfrowej transmisji danych. Na ogół tego typu systemy są przypisane do konkretnych modeli cyfrowych konsol mikerskich, co ogranicza ich stosowanie do jednego, konkretnego modelu. Jednak w ostatnich latach pojawiło się kilka systemów niezależnych, które pozwalają „spiąć” klasyczne okablowanie ze sceny z dowolnym, również analogowym stołem frontowym, a także monitorowym. Niestety, takie urządzenia są dość skomplikowane i póki co, ich cena nie jest raczej konkurencyjna, szczególnie w odniesieniu do niezbyt rozbudowanych instalacji. Aby wykorzystać taką cyfrową „pytę”, należy wprowadzić wszystkie sygnały ze sceny do specjalnego



**Cyfrowy system REAC firmy RSS pozwala na transmisję czterdzieści kanałów audio poprzez zwykłą skrętkę CAT5. Podobne rozwiązania są sukcesywnie wdrażane przez wiodących w rynku producentów konsol.**

**Czy istnieje w ogóle potrzeba transmitowania sygnałów ze sceny do stanowiska FOH? Firma Allen & Heath pokazuje, że całe przetwarzanie może odbywać się w racku scenicznym, zaś realizatora wystarczy wyposażyć w panel kontrolny.**

stageboxa, który zawiera w sobie przedwzmacniacze mikrofonowe i przetworniki analogowo-cyfrowe. Natomiast przy mikserze musi znaleźć się urządzenie, które powtórnie zamieni przychodzący, wielokanałowy sygnał cyfrowy na analogowy, aby można go było wprowadzić na konsolę, jeśli zażyjemy sobie miksować w domenie analogowej. Tego typu systemy z pewnością wkroczą szerzej na rynek wraz z rozwojem techniki, ale na razie, dla użytkownika, do którego adresowane są moje artykuły, jest to raczej pieśń przyszłości, więc nie będę ich tutaj szczegółowo opisywać. Natomiast na zdjęciach można sobie obejrzeć kilka takich współcześnie oferowanych urządzeń.

### Kilka rad tytułem podsumowania

Na zakończenie chciałbym w kilku punktach przekazać garść rad dotyczących użytkowania i zakupu klasycznych, analogowych systemów multicore'owych.

Po pierwsze, zanim dokonamy zakupu, warto dokładnie przeanalizować nasze potrzeby. Zawsze warto nabyć system nieco „nadmiarowy” w sensie ilości kanałów, żeby za jakiś czas nie trzeba było inwestować w nową konfigurację.

Po wtóre, zawsze warto mieć kontrolę nad dźwiękiem z pozycji słuchacza, dlatego nawet w najprostszyc instalacjach (np. dla mobilnych DJ-ów) zalecałbym wykonanie choćby prostego okablowania łączącego stanowisko pracy z zestawami głośnikowymi. Często bywa tak, że DJ, siedząc za kolumnami, nie panuje nad proporcjami poszczególnych pasm na sali, co skutkuje np. nieprawidłowym poziomem niskich częstotliwości. W przypadku zestawów aktywnych wystarczą w zasadzie dwa symetryczne tory powrotne, ale warto nabyć choćby najprostszą pytkę, aby w razie czego mieć możliwość podpięcia kilku mikrofonów lub innych urządzeń. Poza tym, taki kabel będzie bardziej odporny na ewentualne uszkodzenia mechaniczne niż standardowy przewód mikrofonowy.

Zdecydowanie odradzam zakupy wyrobów „no name”, a także tych „firmowych”, które już na sam

widok wzbudzają wątpliwości co do jakości. Co prawda trudno na oko ocenić np. klasę kabla, ale już np. podłe złącza powinny obudzić naszą czujność, podobnie jak niestaranne wykonanie skrzynki z gniazdami.

Systemy bez bębnow można polecić wyłącznie do najprostszyc zastosowań, kiedy nie będą używane zbyt często, a jeśli już zdecydujemy się na takie rozwiązanie, należy bezwzględnie sprawdzić elastyczność pyty. Jeśli kabel jest sztywny i trudno się go zwiija, odradzam zakup – prawdopodobnie szybko się uszkodzi, a stres związany z problemami przy instalacji może mieć zły wpływ na efekt artystyczny.

Gdy chcemy osiągnąć kompromis między ceną, a wygodą i uniwersalnością, warto nabyć system z przyłączami zintegrowanymi z bębniem kablowym. Mamy wtedy wszystko w jednym urządzeniu, co powoduje, że takie rozwiązanie jest dość często wykorzystywane przez mniejsze firmy nagłośnieniowe.

Przy okazji: odradzam wykorzystywanie w roli bębna plastikowych wyrobów ogrodniczych! Po pierwsze, ze względu na ich nieprzystosowanie do ciężkich kabli, a po drugie, z uwagi na zbyt małą średnicę, która powoduje, że pyta zwiijana jest na zbyt małym promieniu i może łatwo ulec uszkodzeniu. Można oczywiście wykonać bęben w własnym zakresie, o ile ktoś ma chęci i potencjał, ale należy podejść do tematu z należytą starannością. Natomiast kiedy już staniemy się posiadaczem takiego multicore'a na bębnie, warto wykonać dla niego obudowę, która zabezpieczy złącza i kabel przed uszkodzeniami w czasie transportu.

Jeśli potrzebujemy bardziej rozbudowanego systemu, warto zainwestować w stagebox ze splitterem separowanym transformatorowo – nasze notowania od razu pójdą w górę z uwagi na profesjonalny charakter takiego rozwiązania. Zawsze warto kupić przyłącze sceniczne w wersji przystosowanej do montażu w racku. Po pierwsze, zabezpieczymy w ten sposób złącza na czas transportu, a po drugie, montaż przewodów ze sceny w pozycji poziomej znacznie przedłuży ich żywotność w porównaniu

z wariantem „leżącym”, z jakim mamy do czynienia w prostych stageboxach.

Jeśli brakuje nam żył w pycie, np. do podłączenia stereofonicznych źródeł sygnału (klawisze itp.), to możemy wykorzystać pojedyncze pary symetryczne do przesyłu sygnału L/R. W tym celu należy wykonać przelotkę na scenie w postaci kabla mającego z jednej strony dwa wtyki jack, a z drugiej męski wtyk XLR i połączyć jeden kanał stereo na pin 2, a drugi na pin 3. Masa, czyli pin 1, jest oczywiście wspólna. Przy mikserze należy wykonać „odwrotną” przelotkę, czyli kabelek zakończony z jednej strony żeńskim wtykiem XLR, a z drugiej dwoma wtykami jack, które podłączymy na kanał stereo konsoli. Oczywiście bardziej eleganckim i jednocześnie zapewniającym większy odstęp od szumów rozwiązaniem jest zastosowanie DI-boxa, ale wtedy nie tylko potrzebujemy dodatkowych par w „pycie”, ale również większej ilości kanałów mono w mikserze. Należy jednak pamiętać, że opisane uproszczenie prawdopodobnie „nie przejdzie” w przypadku koncertu zespołów profesjonalnych, zatem traktować je należy co najwyżej rezerwowo.

Stosując złącza wielopinowe musimy koniecznie zabezpieczyć je przed dostawaniem się zanieczyszczeń, np. przez wykonanie prostego futeralika. Dotyczy to również zakończeń kabli w postaci wiązek z gniazdami XLR. Należy również zachować ostrożność przy podłączaniu Hartingów, gdyż nieumiejętne, „siłowe” podejście może spowodować uszkodzenie kontaktów, a ich wymiana to sporo pracy. Wykonując okablowanie we własnym zakresie, należy koniecznie wykonać schemat połączeń, tj. oznaczyć które piny odpowiadają poszczególnym kanałom wejściowym i powrotnym. Jeśli nie mamy pewności, czy potrafimy dobrze skonfigurować system, lepiej powierzyć wykonanie okablowania wyspecjalizowanej firmie, niż zdać się na zakupy w internecie.

**Piotr Peto**  
**PMP Electronics**