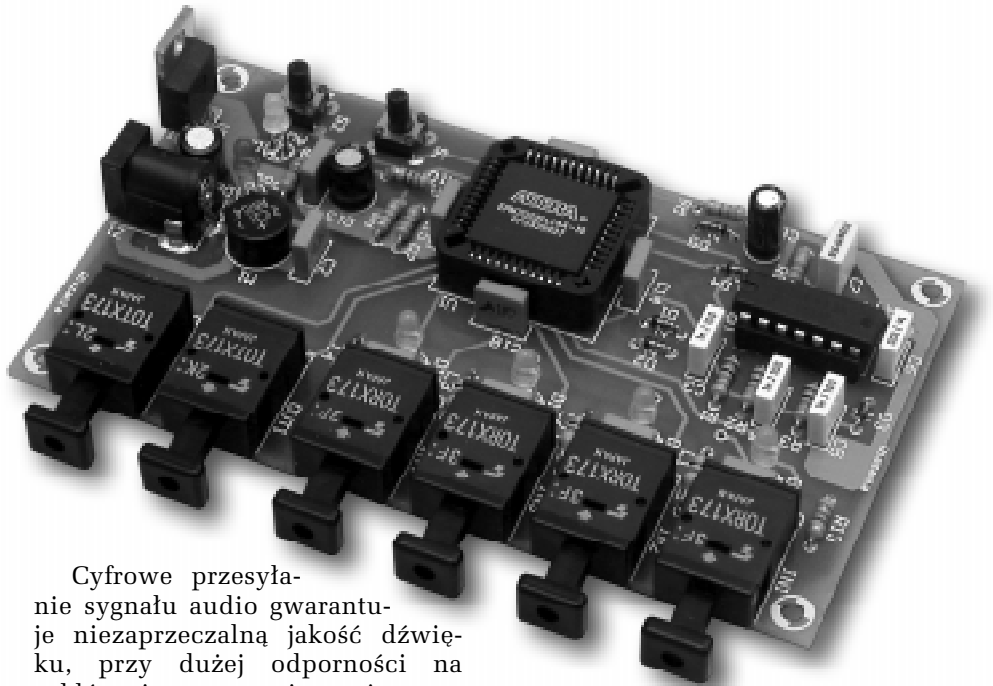


# Przełącznik optyczny SPDIF

## AVT-574

Światłowody znalazły zastosowanie nie tylko w telekomunikacji, można je również znaleźć w sprzęcie audio. Współczesne wzmacniacze są wyposażane tylko w jedno (najczęściej optyczne, czasami coaxialne) wejście cyfrowe audio, stwarzające możliwość przesyłania cyfrowego dźwięku za pośrednictwem światłowodu, zgodnie ze specyfikacją S/PDIF. Chciałoby się więcej.

**Rekomendacje:** przełącznik polecamy wszystkim tym miłośnikom cyfrowego brzmienia, którzy pragną podłączyć do swojego wzmacniacza więcej niż jedno urządzenie za pomocą wejścia optycznego.



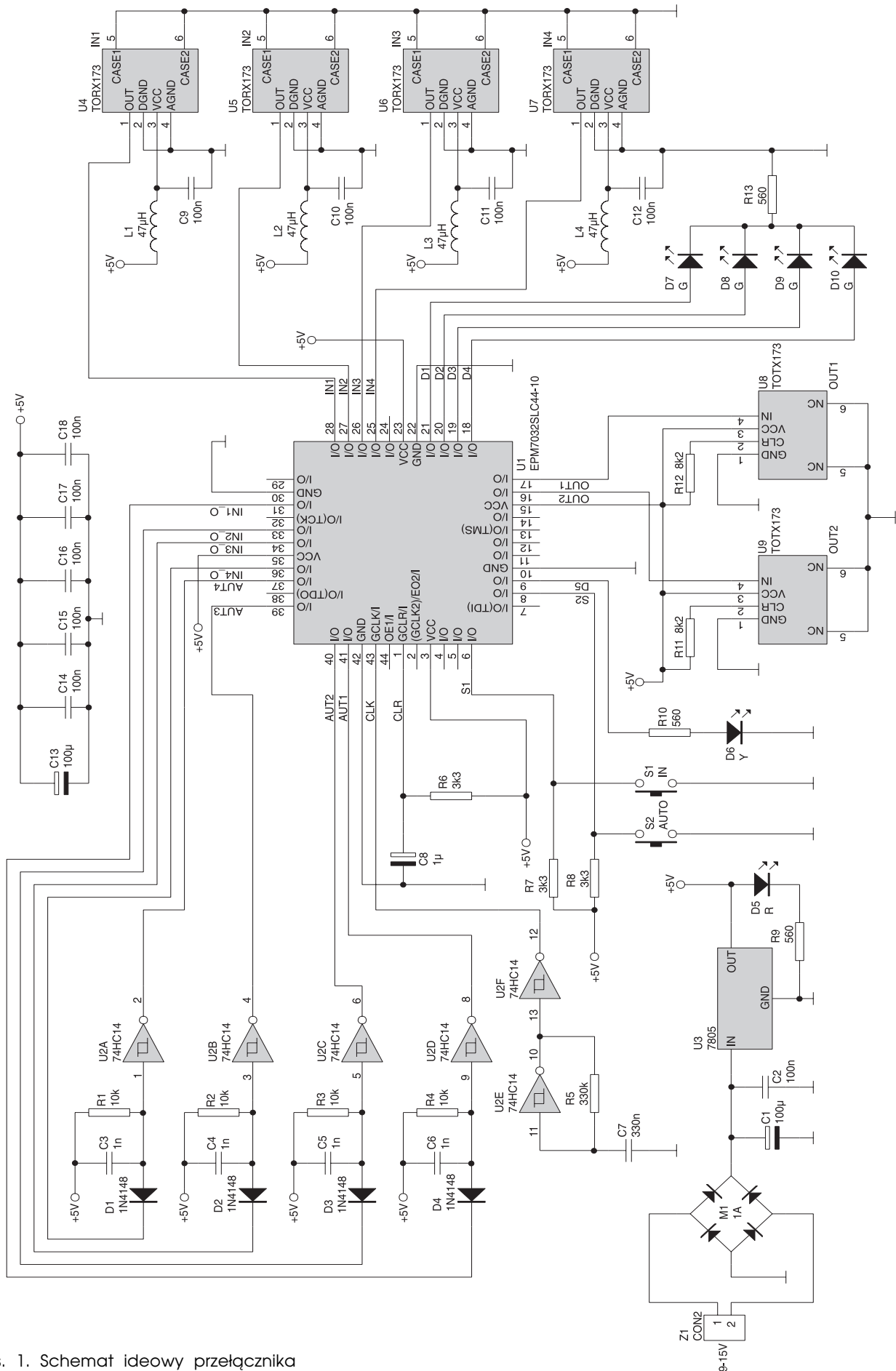
Cyfrowe przesyłanie sygnału audio gwarantuje niezaprzeczną jakość dźwięku, przy dużej odporności na zakłócenia, czego nie można powiedzieć o przesyłaniu analogowym. Wadą urządzeń audio, zwłaszcza wzmacniaczy, jest niewątpliwie to, że posiadają tylko jedno wejście optyczne lub coaxialne, uniemożliwiające podłączenie w sposób cyfrowy do wzmacniacza audio więcej niż jednego urządzenia odtwarzającego. Mogą to być np. odtwarzacze DVD, CD czy MD. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie odpowiedniego przełącznika sygnałów optycznych. Taki właśnie przełącznik będzie tematem niniejszego artykułu. Dzięki niemu stanie się możliwe cyfrowe podłączenie kilku urządzeń audio (np. odtwarzaczy) do wzmacniacza audio wyposażonego w jedno optyczne wejście cyfrowe. Wykorzystanie światłowodu do cyfrowego przesyłania sygnału audio zapewni zachowanie wszystkich zalet oraz właściwości brzmieniowych przesyłanych dźwięków. Ze względu na częstsze obecnie stosowanie światłowodu niż przewodów koncentrycznych, przełącznik został wyposażony tylko w wejścia i wyjścia typu optycznego. Choć wykonanie przełącznika optycznego współpracującego ze światłowodem jest droższe niż identycznego przełącznika z wej-

ściami i wyjściami coaxialnymi, to istotną zaletą proponowanego rozwiązania jest większa odporność światłowodu na zakłócenia w porównaniu z przewodem koncentrycznym. Proponowany przełącznik posiada 4 wejścia (można podłączyć do niego maksymalnie 4 źródła cyfrowych sygnałów audio) oraz dwa optyczne wyjścia, z których jedno można wykorzystać do podłączenia wzmacniacza audio, a drugie jako źródło sygnału nagrywanego np. przez nagrywarki DVD, MD lub CD. Wybrane parametry optycznego przełącznika S/PDIF zostały przedstawione w tab. 1.

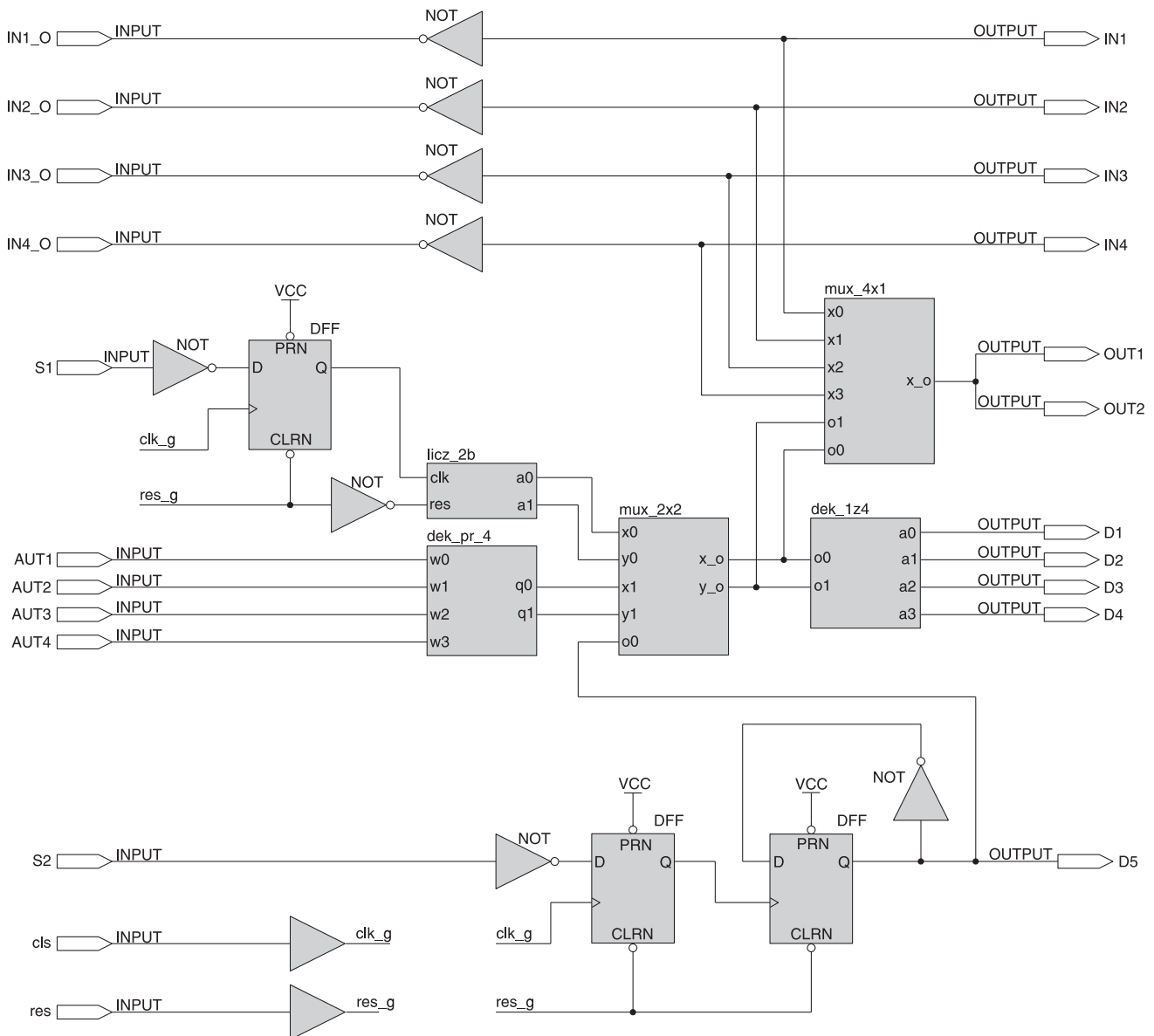
Przełącznik oferuje dwa tryby pracy: tryb ręczny oraz automatyczny. W przypadku trybu ręcznego, wejście z którego sygnał ma przechodzić na wyjście może być

**Tab. 1. Wybrane parametry optycznego przełącznika S/PDIF**

wejścia optyczne .....	4 szt.
wyjścia optyczne .....	2 szt.
praca ręczna .....	tak
praca automatyczna .....	tak
maksymalny transfer danych cyfrowych audio .....	6 MB/s
sygnalizacja aktualnie wybranego wejścia oraz trybu pracy .....	za pomocą diod LED
inne cechy .....	prosta budowa oraz niezawodne działanie



Rys. 1. Schemat ideowy przełącznika



Rys. 2. Schemat ideowy bloku cyfrowego zaimplementowanego w układzie CPLD

wyberane przyciskiem. Przycisk wyboru wejścia działa sekwencyjnie, tzn. możliwy jest wybór wejścia w sekwencji 1-2-3-4-1-2..., gdzie 1...4 to numery wejść. W trybie automatycznym przełącznik samoczynnie wybiera to wejście, na którym zostanie wykryta transmisja danych. Wejścia mają ustalone priorytety, by w przypadku jednoczesnej transmisji na kilku z nich nie dochodziło do konfliktów z wyborem. Wejście 1 ma priorytet najwyższy, natomiast wejście 4 najniższy. Jeśli zostanie wykryta w tym czasie transmisja np. na wejściach 1 oraz 3, to przełącznik przełączy wyjście do wejścia 1, gdyż ma ono wyższy priorytet od wejścia 3. Oczywiście priorytet wejść jest

wykorzystywany tylko w trybie pracy automatycznej przełącznika. Podczas konstruowania urządzenia zastanawiałem się, czy nie wykorzystać jakiegoś mikrokontrolera oraz zewnętrznego multipleksera, by zapewniona była dość wysoka szybkość transmisji cyfrowych sygnałów audio. Po przemyśleniach doszedłem do wniosku że mikrokontroler przez większość czasu nie będzie miał nic do roboty. Zamiast mikrokontrolera można by użyć układów TTL, ale żeby zapewnić możliwość pracy ręcznej jak i automatycznej ich liczba w takim przełączniku była by bliska 10. Po głębszych przemyśleniach wybór padł na programowalny układ PLD, w którym została zaszyta prawie cała inte-

ligencja przełącznika, prócz potrzebnych przy pracy automatycznej przerzutników monostabilnych. Zostały one wykonane na zewnętrznych inwerterach. Do realizacji przełącznika został wybrany układ CPLD z rodziny 7K firmy Altera. Do zaprogramowania tego typu układów wymagane są jedynie proste programatory, a także oprogramowanie MAX+plus II Baseline, które są udostępnione bez żadnych opłat (po zarejestrowaniu na stronie producenta). Dzięki zastosowaniu układu programowalnego, przełącznik zyskał prostą budowę, wysoką odporność na zakłócenia z zapewnieniem maksymalnej szybkości transmisji cyfrowych danych audio do 6 MB na sekundę.

## Opis działania układu

Schemat elektryczny przełącznika został przedstawiony na rys. 1. Jako układ CPLD został wykorzystany układ EPM7032, w którym bloki potrzebne do realizacji przełącznika zajęły tylko połowę zasobów (układ ten posiada 32 makrokomórki). W zrozumieniu działania przełącznika pomocny będzie rys. 2, na którym przedstawiono schemat bloków cyfrowych i ich połączeń w zaprogramowanym układzie CPLD. Obwód złożony z C8 i R6 zeruje po włączeniu zasilania wewnętrzne przerzutniki typu D oraz licznik „licz\_2b“ (rys. 2). Zawsze po włączeniu przełącznika, będzie on pracował w trybie ręcznym z wybranym pierwszym wejściem. Obwód złożony z C7, R5 i inwerterów U2E i U2F jest generatorem o częstotliwości ok. 14 Hz (okresie ok. 70 ms), który wykorzystywany jest poprzez globalne wejście zegarowe do taktowania przerzutników D. Do ich wejść „D“ dołączone są poprzez inwerty przyciski S1 oraz S2. Taktowanie przerzutników sygnałem zegarowym o częstotliwości ok. 14 Hz umożliwi w prosty sposób eliminację drgań styków. Na wyjściach „Q“ przerzutników po naciśnięciu S1 lub S2 pojawia się czysty stan wysoki. Generator wraz dwoma przerzutnikami zo-

stał wykorzystany tylko do eliminacji drgań styków przycisków sterujących. Sygnały z odbiorników optycznych U4 - U7 są bezpośrednio podawane na wewnętrzny multiplexer „mux\_4\_1“, którego wyjście zostało przyłączone do nadajników optycznych U8 oraz U9. Wyjściami adresowymi multiplexera przełączającego sygnały z wejść optycznych steruje drugi multiplexer o oznaczeniu „mux\_2\_2“, którego wejścia mogą być przyłączone do licznika używanego przy pracy ręcznej lub dekodera priorytetowego używanego przy pracy automatycznej. Wyjścia multiplexera „mux\_2\_2“, które adresują „mux\_4\_1“, podane są także do wejść dekodera 1 z 4 o oznaczeniu „dek\_1\_4“, którego wyjścia sterują diodami D7 - D10. Diody te wskazują swym świeceniem aktualne wybrane wejście nie tylko przy pracy ręcznej, ale i automatycznej. Adresowaniem multiplexera „mux\_2\_2“ zajmuje się przerzutnik typu T (zbudowany z wykorzystaniem przerzutnika D i inwertera), którego wyjście dodatkowo (prócz linii A0 multiplexera) steruje diodą LED D6. Stan wyjściowy przerzutnika T można zmieniać na przeciwny za pomocą przycisku S2. Przy stanie niskim na wyjściu przerzutnika T, będzie wybrany licznik „licz\_2b“, co jest równoważne z pracą ręczną przełącznika. Dioda D6 będzie wówczas zgaszona. Gdy na wyjściu przerzutnika T będzie stan wysoki, to poprzez multiplexer „mux\_2\_2“ będzie wybrany dekodery priorytetowy „dek\_pr\_4“, który jest używany przy pracy automatycznej przełącznika. Dioda D6 będzie teraz świecić. Przy pracy ręcznej stan dwubitowego licznika „licz\_2b“ będzie określał wybrane wejście. Stan tego licznika można zmieniać przyciskiem S1. Licznik ten będzie przyjmował następujące stany wyjściowe: 00, 01, 10, 11, 00, 01... Przy pracy automatycznej do sterowania zostaje wybrany multiplexerem „mux\_4\_1“ nie licznik, lecz dekodery priorytetowy, który zamienia stan swoich wejść 1 z 4 na wartość binarną, przy czym wejście „w0“ ma najwyższy, a „w3“ najniższy priorytet. W przypadku, gdy na wszystkich wejściach dekodera prioryte-

## WYKAZ ELEMENTÓW

## Rezystory

R1...R4: 10kΩ  
R5: 330kΩ  
R6...R8: 3,3kΩ  
R9, R10, R13: 560Ω  
R11, R12: 8,2kΩ

## Kondensatory

C1, C13: 100μF/16V  
C2, C9...C12, C14...C18: 100nF  
C3...C6: 1nF  
C7: 330nF  
C8: 1μF/16V

## Półprzewodniki

U1: EPM7032SLC44-10  
U2: 74HC14  
U3: 7805  
U4, U5, U6, U7: TORX173  
U8, U9: TOTX173  
D1...D4: 1N4148  
D5: LED 3 mm czerwona  
D6: LED 3 mm żółta  
D7...D10: LED 3 mm zielona  
M1: Mostek prostowniczy (okrągły) 1,5 A

## Różne

L1...L4: 47μH dławik osiowy  
S1, S2: mikrostyki  
Z1: gniazdo zasilające  
Radiator nakładany na obudowę TO-220  
Podstawki DIP-14 oraz PLCC44

towego są stany niskie, domyślnie zostaje wybrane wejście „w0“. Na wejścia dekodera priorytetowego podawane są sygnały z zewnętrznych przerzutników monostabilnych, których zadaniem jest wykrycie transmisji na każdym z czterech wejść. Do wejść przerzutników monostabilnych podawane są zanechanowane przez wewnętrzne inwerty układu CPLD sygnały z odbiorników optycznych U4-U7. Cztery potrzebne przerzutniki monostabilne z przedłużeniem impulsu wyjściowego zostały zbudowane w oparciu o zewnętrzne inwerty U2A, U2B, U2C, U2D oraz elementy D1-D4, C3-C6 i R1-R4. Stała czasowa przerzutników monostabilnych z wartościami elementów jak na schemacie wynosi ok. 10 μs, co w przypadku odbioru szybkich sygnałów przez optyczne odbiorniki (odbierane sygnały danych cyfrowych audio posiadają częstotliwości ponad 1 MHz) zapewni stały poziom wysoki na ich wyj-

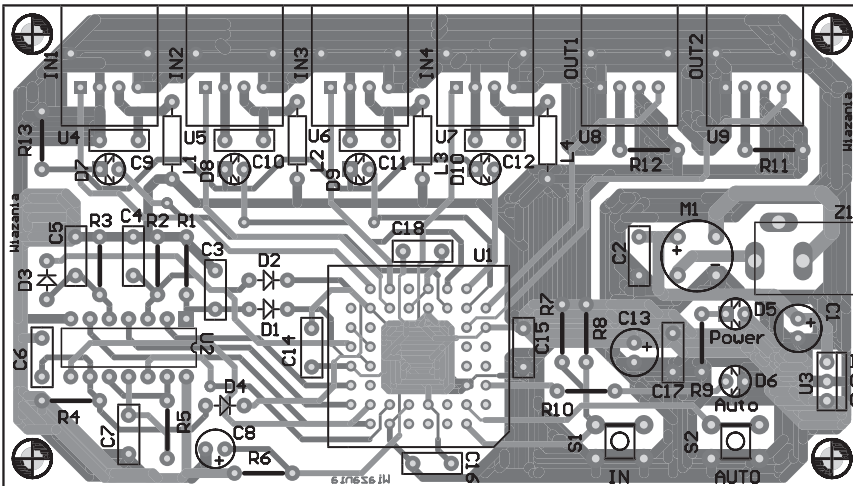
**S/SPDIF** (Sony/Philips Digital Interface Format) - standard przesyłania cyfrowego dźwięku. Określa strukturę logiczną oraz sposób transmisji danych.

**Połączenie SPDIF** (Coax)

wykorzystuje do transmisji danych kabel koncentryczny 75 Ω. W sygnale cyfrowym „0” jest reprezentowane przez napięcie -0,5 V, a „1” przez napięcie +0,5 V.

**TTL SPDIF** (Transistor-Transistor Logic) wykorzystuje do transmisji danych sygnały o poziomach 0 V dla logicznego „0” i +5 V, dla logicznej „1”. Stosowane są złącza 2-pinowe.

**TOSlink** (TOShiba link) wykorzystuje do transmisji danych światłowód (szklany lub plastikowy). Długość fali wpuszczonej w światłowód wiązki światła jest równa 660 nm.



Rys. 3. Schemat montażowy płytki drukowanej

ściach. Właśnie przedłużanie impulsu gwarantuje stały poziom wysoki na wyjściach przerzutników, gdy sygnał odbierany przez odbiorniki optyczne jest zmienny. W przypadku odebrania dłuższego stanu niskiego z odbiorników optycznych (przy braku transmisji danych cyfrowych z danego wejścia optycznego), wyjście danego przerzutnika monostabilnego przyjmie stan niski. Dzięki przerzutnikom monostabilnym wykryta została transmisja danych cyfrowych w czterech wejściach optycznych. Stałe czasowo sygnały z wyjść przerzutników monostabilnych umożliwiły prostą realizację pracy przełącznika w trybie automatycznym, który podnosi komfort obsługi przełącznika. Przełącznik zasilany jest napięciem 5 V, które jest stabilizowane na takim poziomie przez U3. Napięcie zasilające może być stałe lub zmienne, zostanie i tak wyprosowane przez mostek M1. Dioda D5 sygnalizuje napięcie zasilania. Kondensatory C1, C2 oraz C14-C18 odprężają napięcie zasilające. Także elementy L1-L4 oraz C9-C12 filtrują dodatkowo napięcia zasilające odbiorniki optyczne U4-U7. Tak jak pisałem, zastosowanie układu CPLD uprościło znacznie budowę przełącznika, w którym najkosztowniejsze będą odbiorniki oraz nadajniki optyczne.

### Montaż i uruchomienie

Na rys. 3 został przedstawiony schemat montażowy optycznego przełącznika. Montaż przełącznika

najlepiej będzie rozpocząć od elementów najmniejszych, kończąc na włożeniu układów scalonych do podstawek. Dla układu EPM7032 obowiązkowo należy zastosować podstawkę typu PLCC44. Przełącznik po poprawnym zmontowaniu powinien od razu poprawnie pracować - nie wymaga żadnych regulacji. Przed włożeniem układów scalonych do podstawek, można sprawdzić, czy jest prawidłowe ich napięcie zasilające - powinno mieć wartość 5 V. Gdyby było wyższe, może świadczyć to o uszkodzeniu stabilizatora. Do zasilania przełącznika można wykorzystać dowolny zasilacz wtyczkowy AC lub DC o napięciu wyjściowym z zakresu 9 V - 15 V. Zasilacz może być stabilizowany lub nie. W najgorszym przypadku do zasilania przełącznika wystarczy sam transformator umieszczony w odpowiedniej obudowie. Ze względu na spory pobór prądu przez przełącznik, stabilizator należy wyposażyć w niewielki radiator. Może to być kawałek aluminiowej blachy lub specjalny radiator przeznaczony dla obudowy typu TO-200. Potrzebne bloki cyfrowe przełącznika zostały zaimplementowane w układzie CPLD z wykorzystaniem darmowego oprogramowania MAX+PLUS II BASELINE, które dostępne jest bezpłatnie na stronie ALERTY: [https://www.altera.com/support/software/download/altera\\_design/mp2\\_baseline/dnl-baseline.jsp](https://www.altera.com/support/software/download/altera_design/mp2_baseline/dnl-baseline.jsp). Po ściągnięciu programu (uwaga - do pobrania jest ok. 47 MB) należy go zarejestrować, po czym wy-

syłana jest licencja, która odblokuje niektóre składniki oprogramowania MAX+PLUS II. Układy PLD są w większości konfigurowane przy pomocy interfejsu JTAG. Dzięki niemu nie są wymagane do tego celu skomplikowane i drogie programatory. Przykładem może być programator ByteBlaster, z którego skorzystano podczas przygotowywania układu CPLD przełącznika. Taki programator składa się jedynie z jednego układu 74LS244 oraz kilku rezystorów. Programatorem można sterować poprzez port równoległy komputera. W przypadku, gdyby urządzenia audio były wyposażone jedynie w interfejs S/PDIF z wyjściem coaxialnym, do opisanego przełącznika można zastosować specjalny konwerter, który zamieni sygnały optyczne na poziomy sygnały odpowiednie dla łącza coaxialnego. Dla opisanego przełącznika odpowiedni będzie konwerter „optyczno->coaxialny“, którego budowa została przedstawiona w EP06/03. W tym numerze została także przedstawiona budowa konwertera „coaxialnego->optycznego“ oraz budowa „regeneratora optycznego“, który będzie niezbędny, jeśli długość łączącego dwa urządzenia światłowodu będzie musiała przekroczyć 10 metrów.

**Marcin Wiązania**  
marcin.wiazania@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: [pcb.ep.com.pl](http://pcb.ep.com.pl) oraz na płycie CD-EP5/2004B w katalogu PCB.