

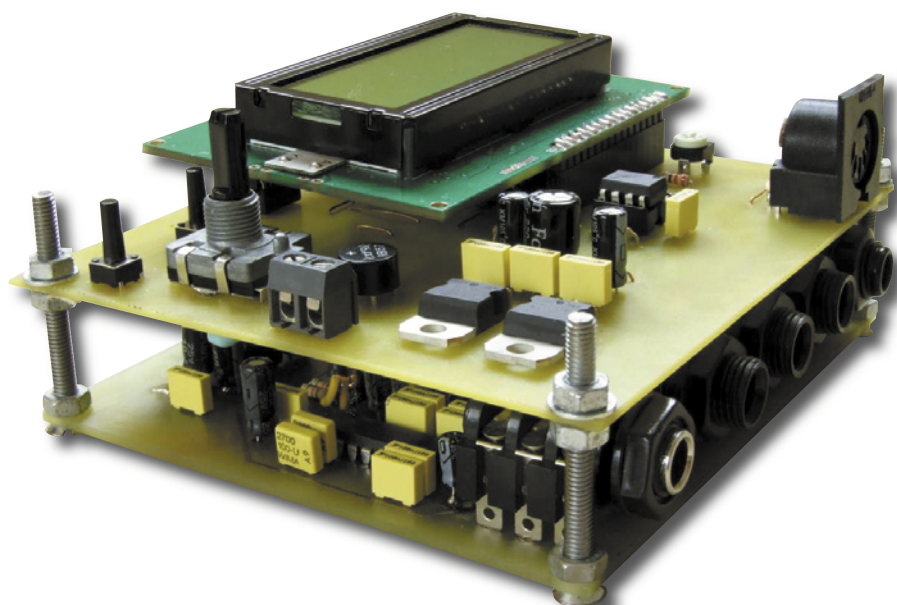
4-kanalowy mikser z interfejsem MIDI, część 1

AVT-5138

Samodzielne budowanie urządzeń elektronicznych ma tę cenną zaletę, że pozwala wykonać urządzenie „na miarę”, według własnych potrzeb. Przykładem może być niniejszy projekt, w którym do miksera audio dość nieoczekiwanie został dodany interfejs MIDI.

Rekomendacje:

opisany w artykule mikser dzięki swej konstrukcji zyskuje atrakcyjną funkcjonalność w porównaniu z typowymi urządzeniami, i z tego względu powinien zainteresować szczególnie dźwiękowców.



W artykule opiszemy projekt 4-kanalowego miksera audio hi-fi sterowanego cyfrowo, posiadającego jednokierunkowy interfejs MIDI. Nie jest to kompletny układ mogący współpracować z różnymi rodzajami źródeł sygnału, jednak z powodzeniem może być bazą do budowy co najmniej zaawansowanej konsoli amatorskiej.

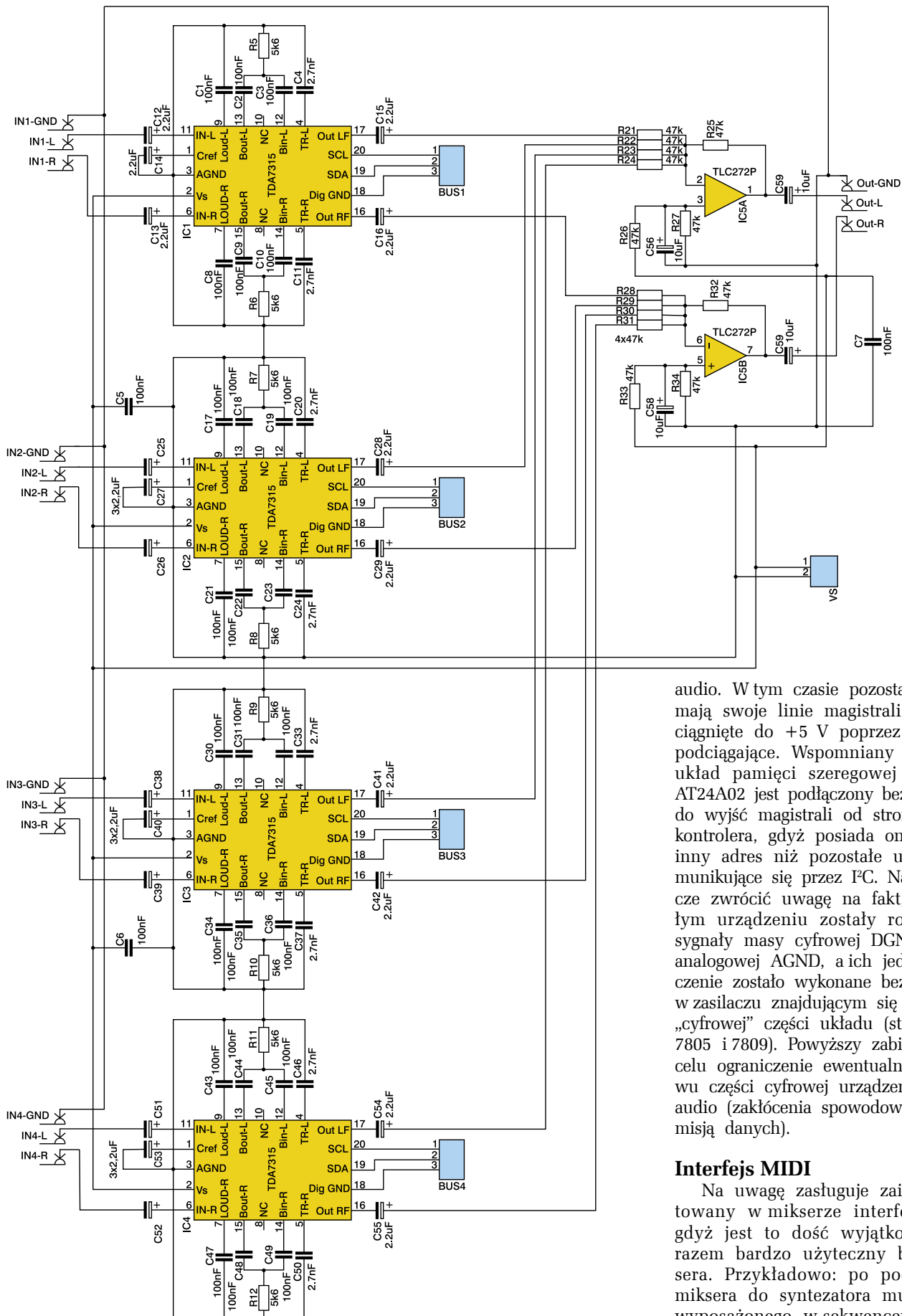
Budowa

Urządzenie składa się z dwóch płytek drukowanych. Na **rys. 1** przedstawiono schemat ideowy części analogowej miksera, a na **rys. 2** części cyfrowej. W projekcie zastosowano mikrokontroler AT89C4051, do którego poprzez typową, 4-bitową magistralę danych dołączono wyświetlacz alfanumeryczny 4x16 znaków z podświetlaniem. Wyświetlacz posiada sterownik zgodny ze standardem HITACHI. Wejściowy interfejs MIDI zbudowano przy użyciu szybkiego transoptora 6N138. Jego obsługę zapewnia szeregowy interfejs mikrokontrolera. Programowo zaimplementowana magistrala I²C służy do komunikacji z układem 256-bitowej, szeregowej pamięci EEPROM (AT24A02) i cyfrowymi procesorami audio (TDA7315). Do regulacji wszystkich nastaw (niezależnie dla każdego z kanałów) oraz obsługi urządzenia, przewidziano 2 przyciski typu *microswitch* oraz bardzo wygodny w użyciu, mechaniczny element regulacyjny, ja-

kim jest impulsator nazywany także enkoderem kwadraturowym. Jest to mechaniczny regulator, wyglądem zbliżony do typowego potencjometru obrotowego (nie posiada jednak położeń krańcowych). Podczas obracania ośki, na jego dwóch wyjściach generowane są dwa przesunięte względem siebie przebiegi prostokątne, przy czym przesunięcie jest uzależnione od kierunku obrotów. Jedno z wyjść impulsatora jest dołączone do portu mikrokontrolera oznaczonego *Int1*, przez które jest podawany sygnał żądania obsługi przerwanego zewnętrznego. W przetwarzaniu tym rozpoznawany jest kierunek obrotów ośki impulsatora. Na schemacie części cyfrowej miksera znajduje się również układ demultipleksa „2 na 4” typu CD4052. Potrzeba jego stosowania wynika z dość oczywistego faktu, iż cyfrowe procesory audio TDA7315 posiadają ten sam, nie dający się zmienić adres w przestrzeni adresowej magistrali I²C, co uniemożliwiałoby użycie choćby 2 takich układów na jednej magistrali. Zastosowano więc multipleksowanie sygnałów tej magistrali (SDA i SCL), uzyskując tym samym możliwość przełączania magistrali pomiędzy procesorami audio. Mikrokontroler, przed wysłaniem ramki danych sterujących, przełącza sygnały z wejść demultipleksa na odpowiednie jego wyjścia, a następnie wysyła dane do wybranego procesora

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Zasilanie: 12...14 V
- Prąd zasilania (w zależności od zastosowanego wyświetlacza): 200 mA
- Liczba wejść/wyjść: 4/1
- Magistrala sterująca: MIDI
- Maksymalny poziom sygnału wejściowego: 2 Vrms
- Impedancja wejściowa: 33 kΩ
- Zniekształcenia harmoniczne (THD): 0,01% (typ.) 0,1% (max.) (dla V=1 Vrms, f=1 kHz)
- Stosunek sygnał/szum (S/N): 106 dB
- Separacja kanałów: 103 dB (dla f=1 kHz)
- Regulacja wzmocnienia (krok 1,25 dB): 78,75...0 dB
- Regulacja tonów (niskie i wysokie): -14...+14 dB (krok 2 db)
- Regulacja balansu: -38,75...0 dB (krok 1,25 dB)
- Maksymalny poziom sygnału wyjściowego: 3 V

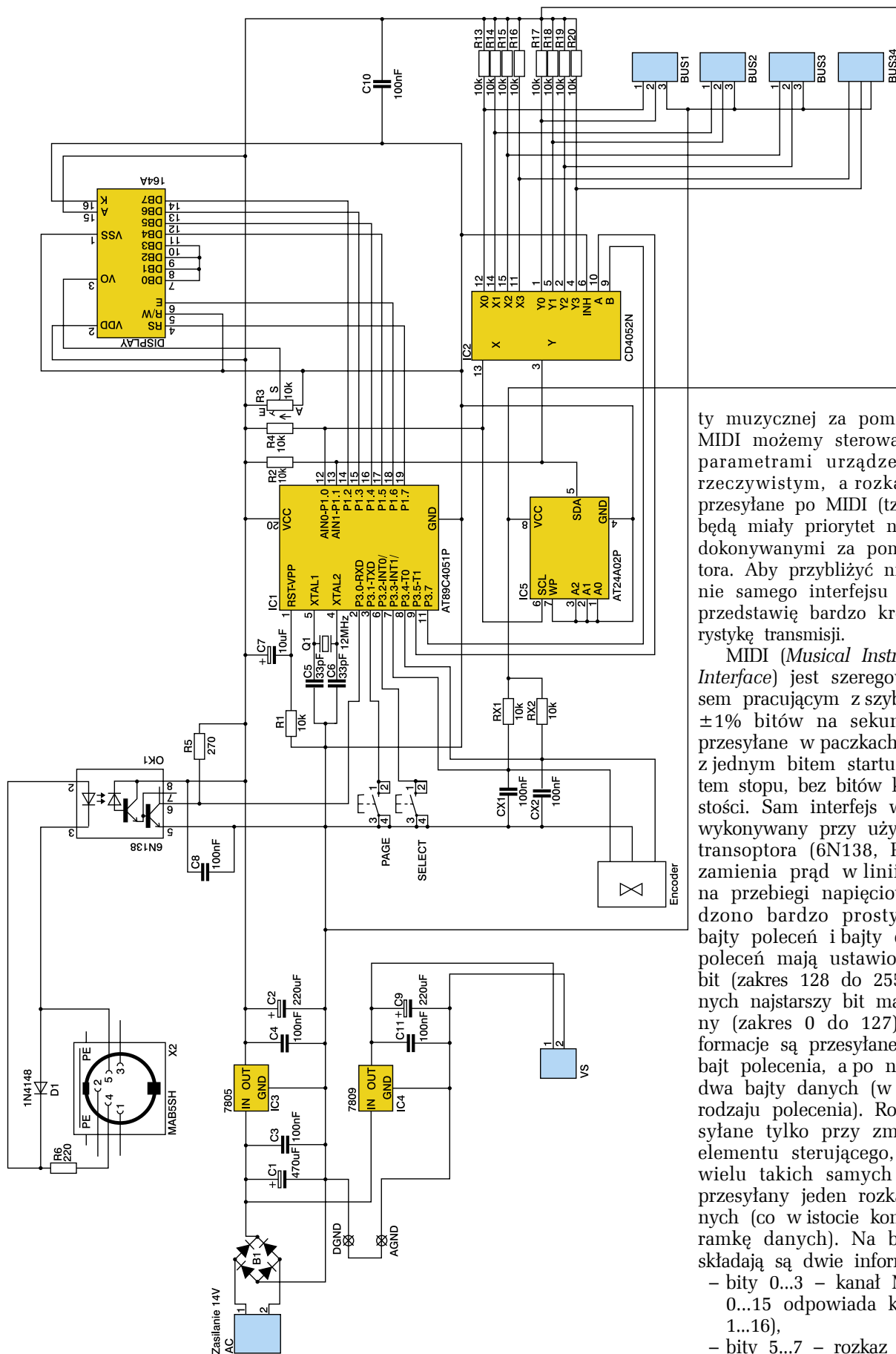


Rys. 1. Schemat ideowy części analogowej miksera

audio. W tym czasie pozostałe układy mają swoje linie magistrali I²C podciągnięte do +5 V poprzez rezystory podciągające. Wspomniany wcześniej układ pamięci szeregowej EEPROM AT24A02 jest podłączony bezpośrednio do wyjść magistrali od strony mikrokontrolera, gdyż posiada on zupełnie inny adres niż pozostałe układy komunikujące się przez I²C. Należy jeszcze zwrócić uwagę na fakt, iż w całym urządzeniu zostały rozdzielone sygnały masy cyfrowej DGND i masy analogowej AGND, a ich jedyne połączenie zostało wykonane bezpośrednio w zasilaczu znajdującym się na płycie „cyfrowej” części układu (stabilizatory 7805 i 7809). Powyższy zabieg ma na celu ograniczenie ewentualnego wpływu części cyfrowej urządzenia na tor audio (zakłócenia spowodowane transmisją danych).

Interfejs MIDI

Na uwagę zasługuje zaimplementowany w mikserze interfejs MIDI, gdyż jest to dość wyjątkowy, a zarazem bardzo użyteczny blok miksera. Przykładowo: po podłączeniu miksera do syntezatora muzycznego wyposażonego w sekwencer, samego sekwencera, bądź złącza MIDI kar-



Rys. 2. Schemat ideowy części cyfrowej miksera

ty muzycznej za pomocą interfejsu MIDI możemy sterować wszystkimi parametrami urządzenia w czasie rzeczywistym, a rozkazy sterujące przesyłane po MIDI (tzw. kontrolery) będą miały priorytet nad nastawami dokonywanymi za pomocą impulsatora. Aby przybliżyć nieco zagadnienie samego interfejsu MIDI poniżej przedstawię bardzo krótką charakterystykę transmisji.

MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) jest szeregowym interfejsem pracującym z szybkością $31250 \pm 1\%$ bitów na sekundę. Dane są przesyłane w paczkach po 8 bitów, z jednym bitem startu i jednym bitem stopu, bez bitów kontroli parzystości. Sam interfejs wejściowy jest wykonywany przy użyciu szybkiego transoptora (6N138, PC800), który zamienia prąd w linii (ok. 5 mA) na przebiegi napięciowe. Wprowadzono bardzo prosty podział na bajty poleceń i bajty danych: bajty poleceń mają ustawiony najstarszy bit (zakres 128 do 255), a bajty danych najstarszy bit mają wyzerowany (zakres 0 do 127). Zwykle informacje są przesyłane w kolejności: bajt polecenia, a po nim jeden lub dwa bajty danych (w zależności od rodzaju polecenia). Rozkazy są wysyłane tylko przy zmianie danego elementu sterującego, czasami dla wielu takich samych zdarzeń jest przesyłany jeden rozkaz i kilka danych (co w istocie komplikuje samą ramkę danych). Na bajt polecenia składają się dwie informacje:

- bity 0...3 - kanał MIDI (wartość 0...15 odpowiada kanałom MIDI 1...16),
 - bity 5...7 - rozkaz MIDI.
- Podstawowe rozkazy to:

\$8x nn vv – *Note off* (wyłączenie tonu *nn* z prędkością *vv*, przy zwalnianiu klawisza),

\$9x nn vv – *Note on* (włączenie tonu *nn* z prędkością *vv*, przy wciśnięciu klawisza),

\$Ax nn vv –> *Polyphonic Key Pressure* (niektóre klawiatury wysyłają komunikat o zmianie nacisku *vv* na klawisz *nn* – dotyczy nuty poprzednio włączonej),

\$Bx cc vv – *Control Change* (zmiana wartości kontrolera *cc* [0...127] w kanale *x* [0...15] na wartość *vv* [0...127])

\$Cx pp – *Programm Change* (zmiana programu w kanale *x* na *pp* [0...127] (np. zmiana barwy)

\$Dx – głośność względna.

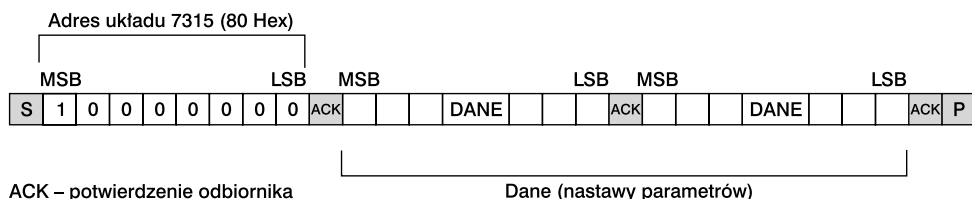
Jeżeli żadne użyteczne dane nie są przesyłane, to nadajnik powinien raz na 300 ms wysyłać kod *Active Sensing* (dziesiętnie 254), co sygnalizuje podłączonym urządzeniom, że łącze jest w porządku. Nie wszystkie urządzenia reagują na brak tego kodu, ale wszystkie muszą go akceptować. Jeżeli urządzenie reaguje na *Active Sensing*, to brak tego kodu powinien spowodować wyciszenie wszystkich dźwięków urządzenia.

Dla naszego układu miksera przyjęto, że ważne dane to zmiana wartości kontrolera dla pierwszego kanału MIDI (bajt polecenia \$B0), a znaczenie poszczególnych kontrolerów MIDI przedstawiono w **tab. 1**.

Procesor audio

Najważniejszym elementem części analogowej urządzenia jest scalony, cyfrowy procesor audio firmy STMicroelectronics (istnieją odpowiedniki innych firm) typu TDA7315. Jest to układ o doskonałych parametrach elektrycznych, przeznaczony z założenia do sprzętu audio hi-fi i car-audio.

Do wykorzystania w układzie miksera nadaje się kilkadziesiąt różnych typów scalonych procesorów audio o zróżnicowanych funkcjonalnościach, parametrach, a co za tym idzie i cenie. Praktyka chłodzi nieco nasz zapał, gdyż okazuje się, iż wiele z tych układów jest bardzo trudnych do zdobycia na rynku amatorskim (są sprzedawane w zasadzie tylko producentom sprzętu A/V), nie są już produkowane lub co gorsze ich cena jest nie do przyjęcia. Mając to wszystko na uwadze, ostateczny wybór padł na układ TDA7315, który wydaje się być optymalnym dla zastosowań amatorskich (ma doskonałe parametry, niską cenę i wbudowany interfejs I²C).



ACK – potwierdzenie odbiornika
 S – start transmisji
 P – stop transmisji
 maksymalna prędkość 100 kbits/s

Rys. 3. Ramka danych przesyłana magistralą I²C

Tab. 1. Znaczenie poszczególnych kontrolerów MIDI

Numer kontrolera MIDI	Regulowany parametr	Zakres wartości kontrolera	Odpowiadający zakres regulacji	Skok regulacji
71	Bass dla 1 kanału miksera	0...14	-14 dB...+14 dB	2 dB
72	Bass dla 2 kanału miksera	0...14	-14 dB...+14 dB	2 dB
73	Bass dla 3 kanału miksera	0...14	-14 dB...+14 dB	2 dB
74	Bass dla 4 kanału miksera	0...14	-14 dB...+14 dB	2 dB
81	Treble dla 1 kanału miksera	0...14	-14 dB...+14 dB	2 dB
82	Treble dla 2 kanału miksera	0...14	-14 dB...+14 dB	2 dB
83	Treble dla 3 kanału miksera	0...14	-14 dB...+14 dB	2 dB
84	Treble dla 4 kanału miksera	0...14	-14 dB...+14 dB	2 dB
91	Balance dla 1 kanału miksera	0...62	-38,75 dB na L...38,75 dB na R	1,25 dB
92	Balance dla 2 kanału miksera	0...62	-38,75 dB na L...38,75 dB na R	1,25 dB
93	Balance dla 3 kanału miksera	0...62	-38,75 dB na L...38,75 dB na R	1,25 dB
94	Balance dla 4 kanału miksera	0...62	-38,75 dB na L...38,75 dB na R	1,25 dB
101	Volume dla 1 kanału miksera	0...63	-78,75 dB...0 dB	1,25 dB
102	Volume dla 2 kanału miksera	0...63	-78,75 dB...0 dB	1,25 dB
103	Volume dla 3 kanału miksera	0...63	-78,25 dB...0 dB	1,25 dB
104	Volume dla 4 kanału miksera	0...63	-78,75 dB...0 dB	1,25 dB

Tab. 2. Lista rozkazów wysyłanych do cyfrowego procesora audio

MSB							LSB	Funkcja
0	0	B2	B1	B0	A2	A1	A0	Regulacja głośności
1	0	0	B1	B0	A2	A1	A0	Wzmocnienie kanału lewego
1	0	1	B1	B0	A2	A1	A0	Wzmocnienie kanału prawego
0	1	0	X	X	L	X	X	Filtr „Loudness”
0	1	1	0	C3	C2	C1	C0	Regulacja tonów niskich
0	1	1	1	C3	C2	C1	C0	Regulacja tonów wysokich

Ax=1,25 dB krok, Bx=10 dB krok, Cx=2 dB krok, X=bez znaczenia

Wszystkie nastawy układu (dla toru audio) należy przesyłać magistralą I²C. Wykorzystywana do tego celu ramka ma postać jak na **rys. 3**, a listę rozkazów zestawiono w **tab. 2**.

Oczywiście same charakterystyki wewnętrznych filtrów odpowiedzialnych za regulację tonów niskich i wysokich (oraz filtra „Loudness”) są ustalane za pomocą elementów zewnętrznych, których wartości można obliczyć na podstawie ogólnie dostępnej noty aplikacyjnej układu. Część audio miksera składa się z 4 takich samych układów wejściowo/regulacyjnych (aplikacja TDA7315) oraz typowej aplikacji sumatora sygnałów zbudowanego przy użyciu wysokiej klasy wzmacniacza operacyjnego TLC272P oddzielnie dla każdego z kanałów. Licząc się z niewielkim pogorszeniem parametrów można zastosować znacznie łatwiej dostępny, tani układ TL072. Sygnały z sumatora trafiają bezpośrednio na wyjścia miksera.

Robert Wolgajew, EP
robert.wolgajew
@ep.com.pl