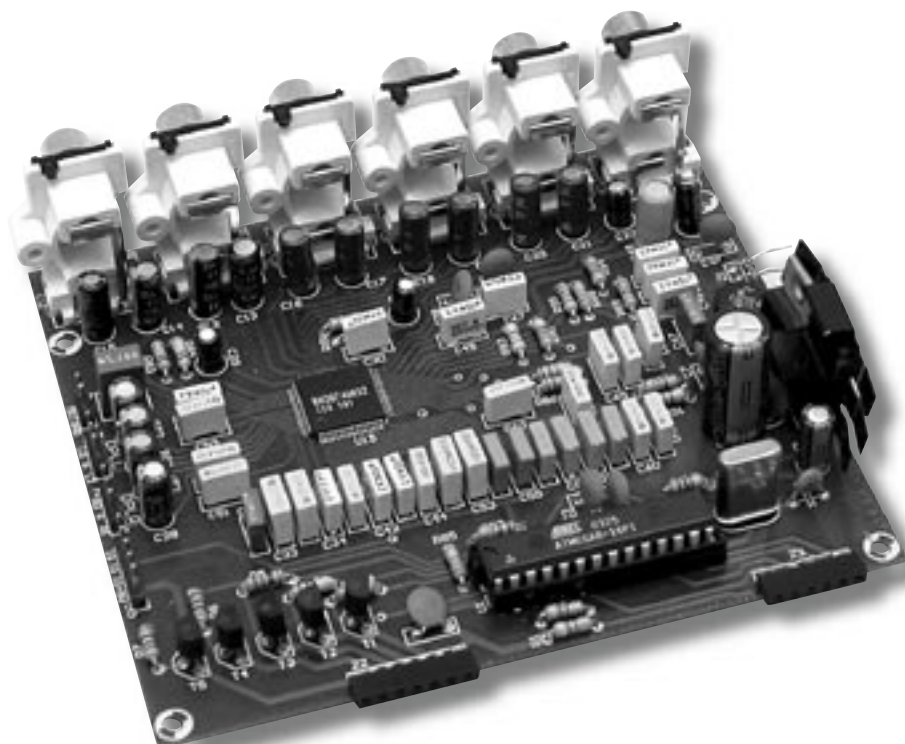


Procesor audio z equalizerem i analizatorem widma, część 1

AVT-580

Procesorem audio można nazwać każdy układ/urządzenie służące do obróbki sygnału audio. Istniejące konstrukcje realizują to albo na drodze analogowej, albo na drodze cyfrowej. Zastosowanie procesora audio niewątpliwie podnosi walory użytkowe sprzętu akustycznego bez względu na zastosowane rozwiązanie.

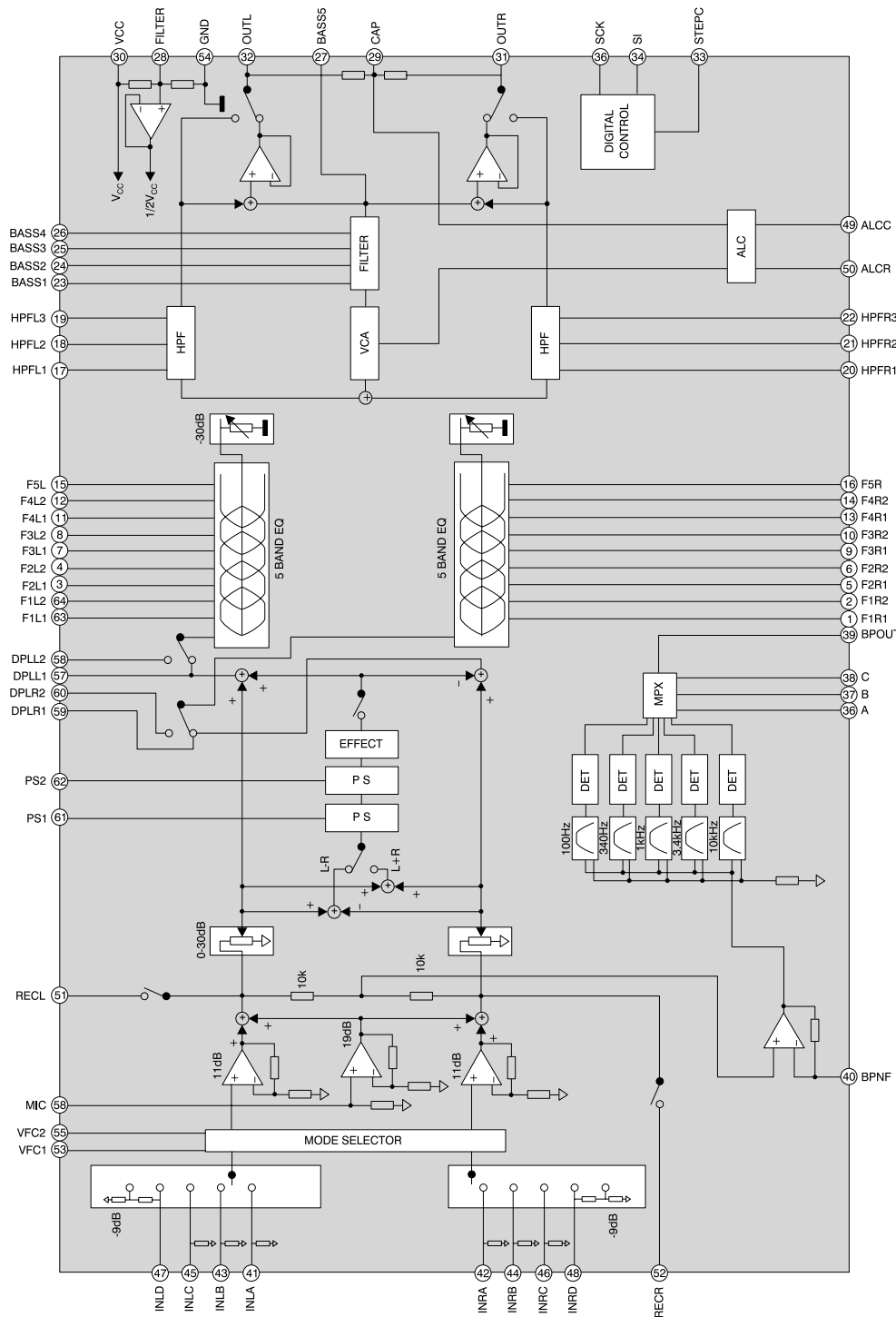
Rekomendacje: atrakcyjny dodatek do domowego sprzętu audio, podnoszący jego walory użytkowe i wizualne.



W czasopismach branży elektronicznej prezentowanych już było wiele publikacji o zarówno analogowych, jak i cyfrowych procesorach audio, które w większości przypadków były sterowane poprzez mikrokontroler z wykorzystaniem szyny I²C. W większości przypadków procesory te umożliwiały regulację jedynie balansu, głośności, tonów wysokich i niskich. Natomiast stosunkowo rzadko spotyka się konstrukcje, w których można realizować takie funkcje jak karaoke czy surround. Przedstawiony w niniejszym artykule procesor jest prawdziwym kombajnem audio, ale różni się od dotychczas spotykanych rozwiązań. Nie umożliwia wprawdzie regulacji tonów wysokich i niskich, jak to jest w standardowych procesorach audio, ma za to szereg innych wartościowych funkcji. Zaletą tego procesora jest zaimplementowanie całego toru

obróbki sygnału audio w jednym układzie scalonym. Możliwe jest przy tym dołączenie w tor audio także innych procesorów audio będących swego rodzaju przystawkami. Wybrane parametry procesora przedstawiono w **tab. 1**.

Jak można się przekonać, prezentowany procesor audio ma bardzo wiele funkcji, które zostały zaimplementowane dosłownie w jednym układzie scalonym, którym steruje mikrokontroler. Prócz kilku efektów można wybrać tryb karaoke, przy którym zazwyczaj dołączony jest także mikrofon. Nie ma z tym żadnego problemu, gdyż procesor posiada także wejście mikrofonowe, których można użyć właśnie do tego celu, umilając sobie śpiewanie. Dodatkową korekcję sygnału audio niewątpliwie umożliwi 5-pasmowy equalizer mający możliwość zapamiętania w pamięci mikrokontrolera do pięciu ustawień. Działanie pro-



Rys. 1. Schemat blokowy procesora audio BH3874AKS2

cesora nie tylko umili, ale także upraktyczni 5-pasmowy analizator widma. Dużą zaletą tego procesora jest możliwość dołączenia w tor audio poprzez we/wy DPL dodatkowych przystawek obrabiających sygnał audio. Może to być układ regulacji tonów, układ realizujący echo itp. W procesorze audio wykorzystane zostały wyświetlacze matrycowe LED, dzięki czemu nie tylko zyskano na widoczności,

ale także na możliwości pokazania dowolnych znaków. Dało to możliwość wyświetlenia parametrów w postaci znaków, realizację equalizera z wykorzystaniem wirtualnych suwaków i analizatora widma w postaci popularnych słupków. Procesor audio może znaleźć swoje miejsce w sprzęcie starszego typu, dodając mu nowoczesności, a także może pracować samodzielnie, dając nie tylko

możliwość znacznego wpływu na dźwięk, lecz również możliwość rozrywki, na co pozwala tryb karaoke.

Opis działania układu

W układzie jako procesor dźwięku zastosowany został układ BH3874AKS2 firmy ROHM. Jest to dość rozbudowany wewnętrznie układ, ale prosty w zastosowaniu. Układ ten charakteryzuje się niewielkimi zniekształceniami nieliniowymi, maksymalnym sygnałem wejściowym typowo 0,7 Vrms i wyjściowym 2,5 Vrms. Na rys. 1 przedstawiony został schemat blokowy procesora audio BH3874AKS2. Jak widać, procesor charakteryzuje się 4 wejściami, z których sygnały są wzmacniane 11 dB, przy czym wejścia INLD i INRD mogą mieć włączane dodatkowe tłumienie -9 dB, gdyby wejściowy sygnał miał zbyt dużą amplitudę. Wejście mikrofonowe ma wzmacnienie 19 dB. Sygnał jest w tym przypadku dodawany do kanału lewego oraz prawego. Sygnał audio przed podaniem na 5-pasmowe equalizery może być wyprowadzony na wy/we DPL, gdzie może przejść jeszcze przez inny układ kształtujący dźwięk. Oczywiście sygnał audio może zostać wewnętrznie dołączony bezpośrednio do wejść equalizerów. Ciekawym blokiem w procesorze audio jest blok analizatora widma. Składa się on ze wzmacniacza wstępnego, szeregu filtrów pasmowych, detektorów (prostowników) oraz multipleksera. Wzmacniacz wstępny umożliwia dopasowanie sumowanego sygnału wejściowego do potrzebnego poziomu. Sygnały z filtrów pasmowych są podawane na detektory, z których sygnał jest przełączany przez multipleksler na wyjście BOUT programowo lub poprzez wejścia A, B i C. Detektory dla prawidłowego działania analizatora widma powinny być okresowo zerowane, co możliwe jest programowo lub także poprzez wejścia A, B oraz C. Układ ten ma nietypowy interfejs

Tab. 1. Wybrane parametry procesora audio

Wejścia audio	4 stereofoniczne, wybierane (IN1-IN4). Jedno wejście ma możliwość włączenia dodatkowego tłumienia.
Stereofoniczne wyjście	1
Wejście mikrofonowe	MIC
Wyjście nagrywania	REC
Efekty	DYNAMIC BASS/BIAMP, SURROUND EFFECT/SIMULATE STEREO
Możliwość regulacji głośności oraz poziomu efektów	
Tryby pracy	stereo, L+R (mono), L (tylko kanał lewy), R (tylko kanał prawy) oraz karaoke
Funkcja MUTE	
5-pasmowy cyfrowy equalizer z możliwością zapamiętania do 5 ustawień	pasma: 100 Hz, 300 Hz, 1 kHz, 3 kHz i 10 kHz
5-pasmowy analizator widma (0 dB przy sygnale wejściowym 100 mVrms)	pasma: 105 Hz, 340 Hz, 1 kHz, 3,4 kHz i 10,5 kHz
We/wy DPL do podłączania dodatkowych przystawek obrabiających dźwięk	
Zdalne sterowanie pilotem	zgodny z SONY
Czytelny i widoczny wyświetlacz oraz prosta obsługa przyciskami na płycie czołowej lub zdalnie	
Samoczynne włączenie analizatora widma przy braku aktywności przycisków lub odbierania sygnału podczterwieni przez kilkanaście sekund	
Pamiętanie wszystkich nastaw po wyłączeniu napięcia zasilania w pamięci EEPROM	

do współpracy z mikrokontrolerem, który składa się głównie z linii SCK i SI. Procesor ten akceptuje dokładnie 10 rozkazów umożliwiających ustawienie wszystkich bloków procesora audio. W **tab. 2** przedstawiony został wykaz możliwych rozkazów akceptowanych przez procesor audio. Widnieje w niej tylko 8 rozkazów, gdyż rozkazy 4 i 5 są rozkazami podwójnymi, których rola zależy od bitu „GR-EQ” ustalającego częstotliwość equalizera. Tak więc faktycznie dostępnych jest 10 rozkazów, czyli jak na taką funkcjonalność procesora niewiele. Dany rozkaz jest dekodowany, jak łatwo zauważyć, po trzech najmłodszych bitach. Sposób przesłania danych do procesora audio zostanie przedstawiony w dalszej części artykułu wraz z przebiegami oraz przykładową procedurą programową. Schemat ideowy układu procesora audio jest przedstawiony na **rys. 2**. Jak widać, procesor BH3874AKS2 potrzebuje sporo elementów do poprawnej pracy, co jest niewątpliwie spowodowane sporą liczbą jego bloków wewnętrznych. Mikrokontroler sterujący wykorzystuje jedynie 7 linii procesora audio, z czego 4 służą do obsługi analizatora widma. Li-

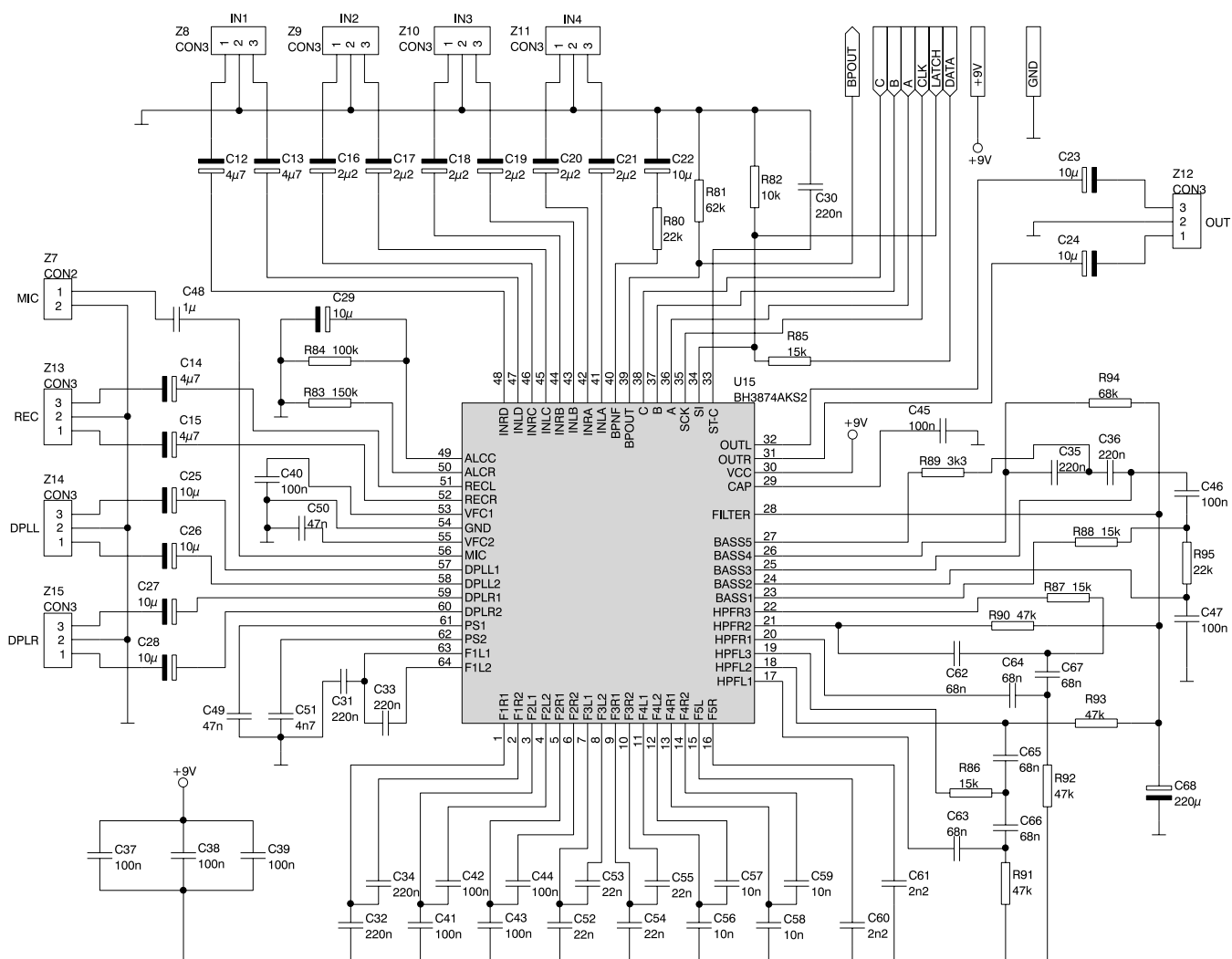
nia SI procesora audio ma dwie funkcje: podanie na nią napięcia 5 V jest równoważne sygnałowi LATCH, a napięcia około połowy 5 V sygnałowi DATA. Tak więc poprzez podwójną funkcję wejścia SI procesor audio zaoszczędza dodatkowo jedno wyprowadzenie, których i tak już sporo ma. Rezystory R82 oraz R85 tworzą dzielnik wytwarzający odpowiednie napięcie dla sygnału DATA. Jak

już wiemy, sygnał ten powinien mieć wartość mniejszą niż połowa napięcia 5 V. W dalszej części artykułu przedstawiony zostanie sposób komunikacji z procesorem audio za pośrednictwem linii CLK, LATCH i DATA. Sygnał BPOUT jest sygnałem wyjściowym analizatora widma z prostownika wybranego wewnętrznym multiplexerem. Wartość napięcia na tej linii jest mierzona przez wewnętrzny przetwornik A/C mikrokontrolera, po czym zmierzona wartość jest przetwarzana na odpowiednią wysokość słupka analizatora widma. Są dwa sposoby wybierania wejścia multiplexera: poprzez wysłanie odpowiedniego rozkazu (rozkaz 8 z **tab. 2**) lub przez wybór, wykorzystując wejścia A, B i C. W tym projekcie do wyboru wejścia multiplexera zastosowano drugą opcję, czyli wybór mierzonego sygnału z detektorów poprzez wejścia A, B i C. Aby było to możliwe, należy wysłać do procesora rozkaz 8 z **tab. 2**. Znaczenie wartości na wejściach A, B i C przedstawia **tab. 3**. Detektory w analizatorze widma przed wybraniem powinny zostać wyzerowane. Umożliwiają to stany 000, 011 i 101 na wejściach A, B i C. Jak widać, obsługa analizatora widma nie jest skomplikowana i będzie polegać jedynie na wyzerowaniu detektorów, wybraniu odpowiedniego pasma, pomiarze napięcia na jego wyjściu i wyświetleniu go odpo-

Tab. 2. Wykaz rozkazów procesora audio BH3874AKS2

Rozkaz	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	Volume					0	0	0
2	Mode selector		Mic	Rec Out	1	0	1	
3	Dynamic Bass/Biamp		Surround effect		0	1	1	
4	Graphic equalizer F1/F2			GR-EQ 0:f1, 1:f2	1	0	0	
5	Graphic equalizer F3/F4			GR-EQ 0:f3, 1:f4	0	1	0	
6	Graphic equalizer F5			DPL 0:OFF, 1:ON	1	1	0	
7	Input selector		Surround/ stereo	Dynamic Bass/Biamp	0	0	1	
8	Spectrum analyzer		x	x	1	1	1	

gdzie: x – wartość dowolna



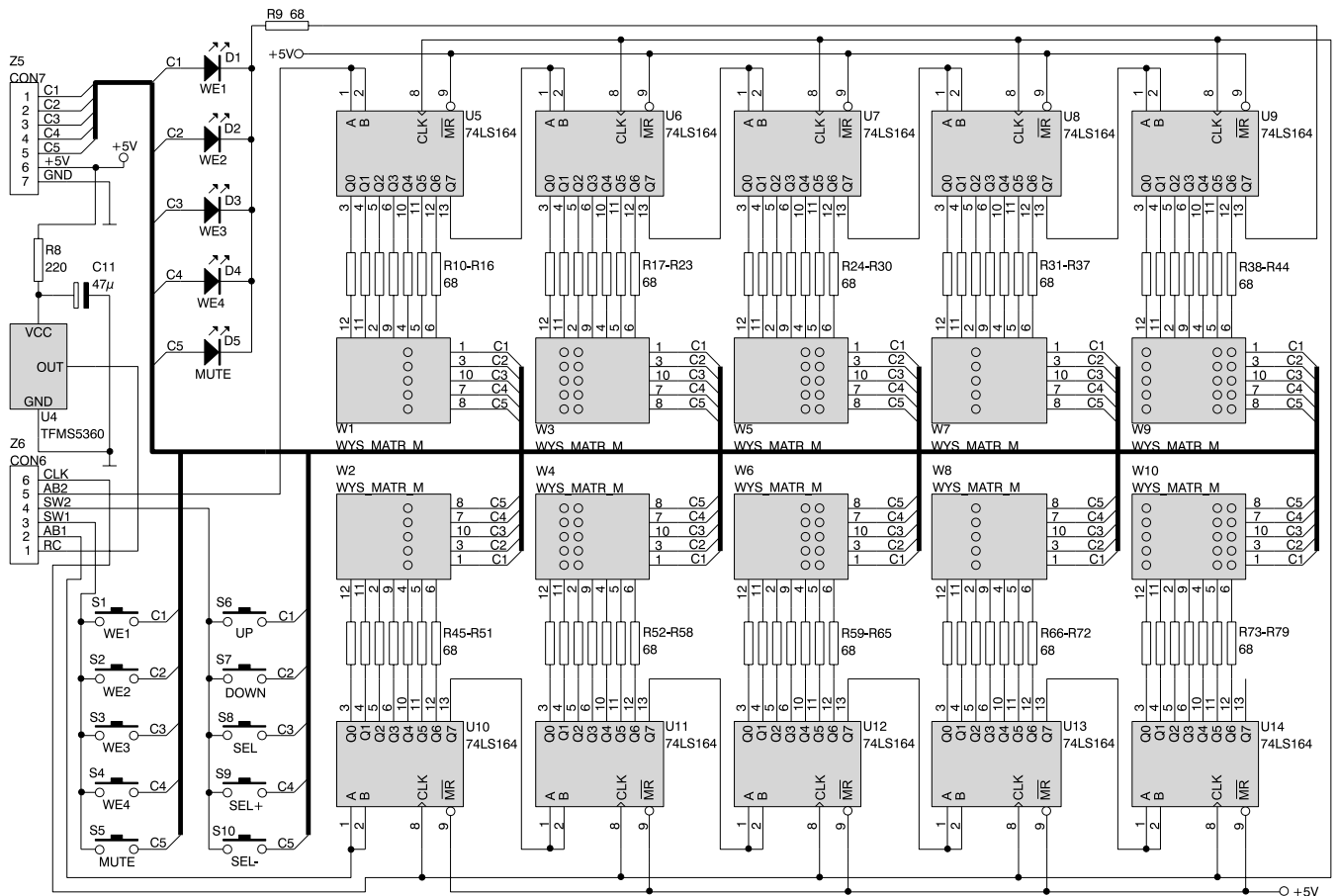
Rys. 2. Schemat ideowy układu procesora audio

wiednio na słupku. Rezystor R80 określa wzmocnienie wstępnego wzmacniacza analizatora widma. Na rys. 3 przedstawiony został schemat elektryczny sterownika procesora audio. Całością steruje mikrokontroler AVR ATMEGA8, który taktowany jest częstotliwością 8 MHz oraz ma sporo pamięci, bo aż 8 kB. Mikrokontroler ma na swoim pokładzie nieodzowny do realizacji analizatora widmowego przetwornik A/C, którego dokładność 10-bitowa jak do tego celu jest nad wyraz duża. Część analogowa mikrokontrolera (w tym przypadku przetwornik A/C) została zasilona i filtrowana poprzez elementy L1 i C4, natomiast C3 filtruje napięcie odniesienia, które zostało ustalone na 5 V. Całość urządzenia może być zasilana napięciem stałym lub zmiennym, które jest prostowane w mostu M1 oraz stabilizowane przez ukła-

dy U2 i U3. Napięciem 9 V zasilany jest procesor audio, natomiast napięcie 5V służy do zasilania części cyfrowej. Transzystory T1...T5 służy do załączania kolumn multiplexowanych wyświetlaczy matrycowych LED 5x7. Rezystory R1 oraz R2 ściągają wejścia PD5 i PD6 do masy. Dołączone zostały do nich także wiersze multiplexowanych przycisków. Do komunikacji z płytką wyświetlaczy (płytą czołową) służy sygnały na złączach Z2 oraz Z3. Sygnały na złączu Z4 mogą służyć do dowolnego wykorzystania po zmianie oprogramowania. Są dostępne na tym złączu linie PC6, PD0 i PD1 mikrokontrolera. Można np. zmienić oprogramowanie, by wysterowanie tych dodatkowych linii umożliwiło np. włączenie mikrofonu czy trybu karaoke, ale oczywiście zastosowań tych linii może być bardzo wiele, a podane zosta-

ły tylko przykłady. Na rys. 4 przedstawiony został schemat wyświetlacza, który ze względu na liczbę wyświetlaczy i sposób ich sterowania wygląda na dość rozbudowany. Nic bardziej mylnego. Jako wyświetlacze zastosowane zostały wyświetlacze matrycowe, które umożliwią pokazanie dowolnych znaków, będzie to zaletą przy realizacji wyświetlania tekstu, graficznego equalizera oraz analizatora widma. Do obsługi tylu

Tab. 3. Funkcje wejść A, B i C			
A	B	C	BPOUT
0	0	0	RESET
0	0	1	105 Hz
0	1	0	340 Hz
0	1	1	RESET
1	0	0	1 kHz
1	0	1	RESET
1	1	0	3,4 kHz
1	1	1	10,5 kHz



Rys. 4. Schemat wyświetlacza

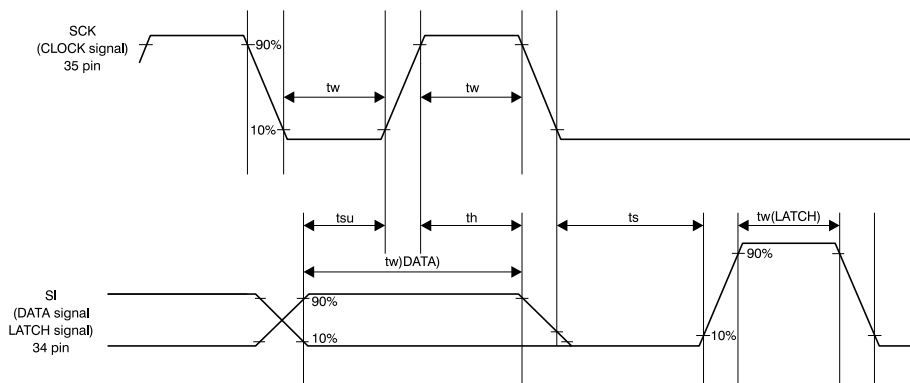
wysoki. Elementy R8 i C11 filtrują napięcie zasilające odbiornik podczerwieni U4, z którego sygnały odczytywane są przez linię ICP mikrokontrolera. Rezystory R9-R79 ograniczają prąd płynący przez diody oraz wyświetlacze. Oprogramowanie mikrokontrolera napisano w popularnym Bascomie AVR. Kod źródłowy programu został udostępniony, by były możliwe modyfikacje programu lub wykorzystanie zawartych tam procedur do innych celów. Jak pisa-

łem, procesor audio BH3874AKS2 ma nietypowy interfejs komunikacyjny, w którym linia SI spełnia podwójną rolę, a mianowicie: linii DATA i linii LATCH. Na rys. 5 przedstawione zostały przebiegi obrazujące sposób przesyłania danych do procesora audio. Dane przesyłane są w takt sygnału zegarowego. Po przesłaniu bajtu danych musi zaistnieć impuls zatraskujący LATCH. Przesyłanie danych do procesora audio nie jest jak widać skomplikowane. Na

list. 1 przedstawiony został przykład procedury zapisującej bajt danych do procesora audio, która pochodzi z napisanego oprogramowania. Na początku tej procedury linia LATCH skonfigurowana zostaje jako wejściowa, by nie miała wpływu na linię SI procesora audio. Dalej po wyzerowaniu linii LATCH oraz „clk_a”, który odpowiada linii SCK procesora audio, następuje wysłanie do niego bajtu danych. Dalej linia „dat”, która jest odpowiednikiem linii DATA, jest zerowana. Następnie linia LATCH ustawiana jest jako wyjście, by było możliwe wytworzenie impulsu zatraskującego dane. Ostatnie instrukcje tej procedury wytwarzają impuls zatraskujący „latch”. Jak można się przekonać, przesłanie danych do procesora audio jest także bardzo proste.

Marcin Wiązania, AVT
Marcin.wiazania@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: pcb.ep.com.pl oraz na płycie CD-EP6/2004B w katalogu PCB.



Rys. 5. Przebiegi obrazujące sposób przesyłania danych do procesora audio