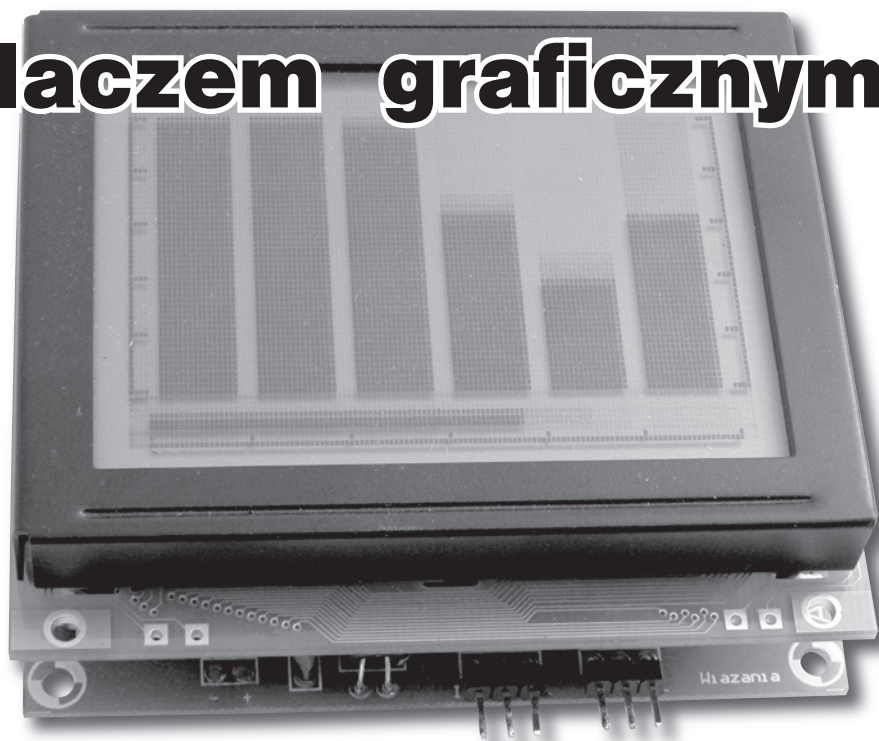


Analizator widma audio z wyświetlaczem graficznym AVT-948

Tematyka audio cieszy się niesłabnącym zainteresowaniem elektroników. Miłośnikom tego gatunku proponujemy wykonanie analizatora widma audio – urządzenia, które występuje w sprzęcie profesjonalnym, nie jest natomiast niezbędne dla działania naszego domowego sprzętu grającego, za to na pewno podnosi jego atrakcyjność.

Rekomendacje:

wizualny „dodatek” do sprzętu audio nie tylko podnosi jego walory użytkowe, ale również znacznie uatrakcyjnia wygląd – jednym słowem propozycja dla prawdziwych audiofili.



Analizator widma sygnału audio stanowi bardzo widowiskowy element kontrolujący pracę zestawu audio. W rzeczywistości jest to wielokanałowy miernikysterowania. Całe pasmo akustyczne (od 20 Hz do 20 kHz) zostało podzielone na kilka pasm. Dla każdego z nich mierzona jest w przydzielonych im kanałach amplituda sygnału. W opisywanym analizatorze zastosowano podział na 6 pasm pomiarowych, czyli w sposób analogiczny, jak ma to miejsce w korektorach graficznych.

Analizator widma sygnału audio może być wykorzystywany do badania charakterystyki przenoszenia toru elektroakustycznego. Można go także stosować do badania właściwości akustycznych pomieszczeń, w których następuje odsłuchiwanie muzyki. Konstrukcja naszego analizatora będzie dość nietypowa, gdyż zamiast kilkudziesięciu diod LED do wizualizacji wyniku został zastosowany wyświetlacz graficzny o rozdzielczości 128*64.

W analizatorach widma audio typowe są filtry pasmowe wraz z detektorami (prostownikami), które znacznie rozbudowują konstrukcję. W przedstawionym analizatorze zastosowano specjalizowany układ zawierający w swojej strukturze 6 filtrów środkowo-pasmowych wraz z detektorami. Całością steruje mi-

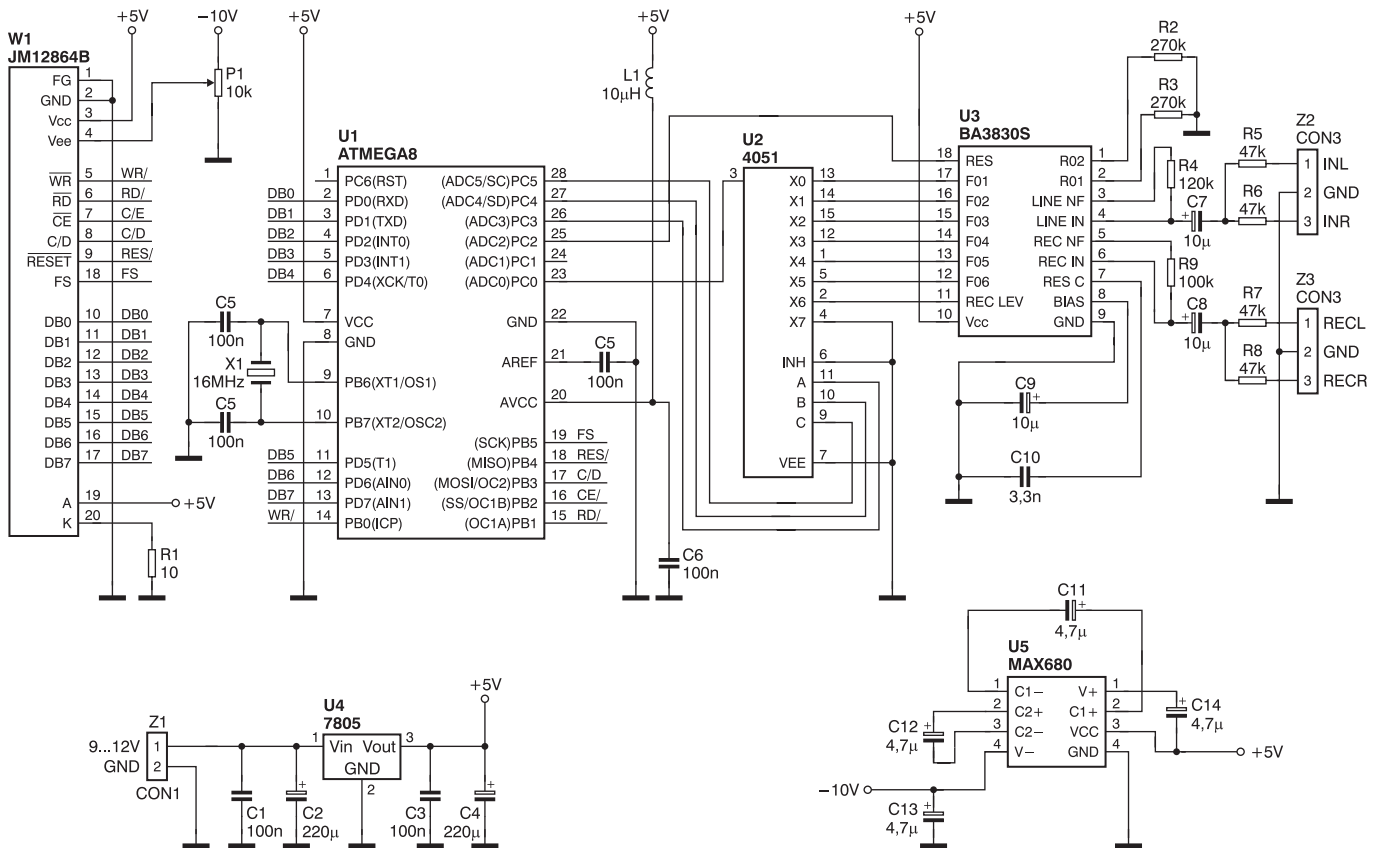
krokontroler AVR, którego przetwornik A/C mierzy wartości napięcia z detektorów analizatora. Dodatkowo analizator widma audio posiada możliwość pomiaru poziomu sygnału służącego do nagrywania, którego poziom nie powinien być większy niż 0 dB. Większy sygnał poddany nagrywaniu będzie powodował powstawanie zniekształceń. Analizator posiada bardzo prostą budowę, a do jego obsługi nie przewidziano żadnych przycisków. Na wyświetlaczu graficznym, wyświetlanych jest 6 pionowych słupków reprezentujących poziom sygnału audio z każdego z filtrów oraz poziomy pasek reprezentujący poziom sygnału służącego do nagrywania.

Opis działania układu

Schemat ideowy analizatora przedstawiono na rys. 1. W urządzeniu zastosowano mikrokontroler AVR ATmega8, który jest taktowany oscylatorem o częstotliwości 16 MHz. Tak wysoka częstotliwość pracy została podyktowana czasochłonną obsługą wyświetlacza graficznego oraz koniecznością szybkiego odświeżania wyświetlanych słupków. Elementy L1, C5 i C6 filtrują napięcie zasilające oraz referencyjne przetwornika A/C wbudowanego w mikrokontroler. Napięcie odniesienia przetwornika zostało ustalo-

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 78x70 mm
- Zasilanie 8...12 V
- Wejścia: wejścia analizatora, wejście pomiaru sygnału nagrywanego
- Podział pasma akustycznego na 6 kanałów o częstotliwościach środkowych: 77 Hz, 183 Hz, 403 Hz, 1,22 kHz, 4,03 kHz, 12,2 kHz,
- Pomiar sygnału służącego do nagrywania
- Wyświetlacz graficzny o rozdzielczości 128*64 pikseli z podświetlaniem



Rys. 1. Schemat ideowy analizatora widma sygnału audio

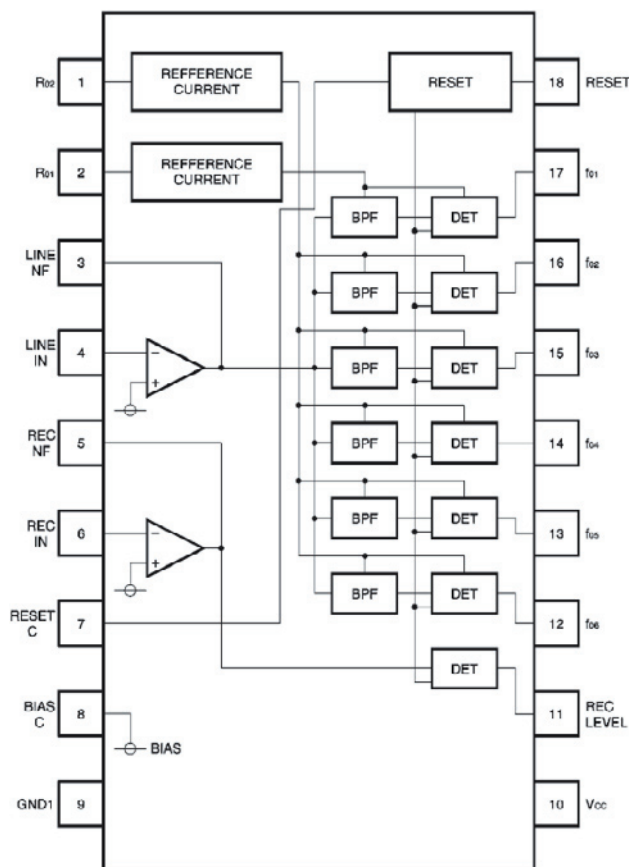
ne na wartość napięcia zasilającego mikrokontroler. Układ BA3830S (U3) firmy ROHM jest specjalizowanym układem filtrów wraz z prostownikami, skonstruowanym specjalnie do analizatorów widma sygnału audio. Na rys. 2 pokazano jego schemat blokowy. W strukturze zaimplementowano dwa źródła prądu referencyjnego dla filtrów i detektorów, dwa wzmacniacze operacyjne, pracujące w konfiguracji odwracającej do dowolnego wykorzystania, 6 filtrów środkowoprzepustowych wraz z detektorami dla analizatora widma oraz detektor dla sygnału nagrywanego, który nie posiada filtra. Dodatkowy obwód RESET służy do zerowania prostowników. Integracja wszystkich potrzebnych elementów analizatora w jednym układzie przyczyniła się do redukcji sporej liczby elementów związanych z filtrami i detektorami. W przypadku układu BA3830S konieczne jest zastosowanie tylko kilku elementów zewnętrznych. Poziomowi 0 dB sygnału audio odpowiada napięcie z detektorów o wartości 1,5 V. Od elementów R2, R3 zależy wartość prądu referencyjnego układu U3. Wzmocnienie sygnału analizatora widma wyznaczają elementy R4, R5, R6,

natomiast wzmocnienie sygnału służącego do nagrywania wyznaczają elementy R9, R7, R8. Sygnał wejściowy audio (stereo) analizatora widma jest sumowany za pomocą elementów R5, R6. Podobnie jest sumowany sygnał audio (stereo) służący do nagrywania (elementy R7, R8). Wszystkie sygnały z prostowników zostały wyprowadzone na zewnątrz układu U3. Ze względu na to, że zastosowany mikrokontroler nie posiada zbyt wielu portów, zastosowano multiplexer U2, za pomocą którego napięcia z detektorów są przełączane na wejście ADC0 mikrokontrolera, które jest wejściem przetwornika A/C. W zależności od stanów na liniach A, B, C multiplexera U2, na wejście przetwornika trafiają sygnały z odpowiednich detektorów. Dodatkowo mikrokontroler steruje wejściem (RES) zerowania detektorów układu U3. Sygnały na wejściach A, B, C multiplexera mogą się zmieniać od wartości 000 do 110 (zapis binarny). Nieużywane wejście X7 multiplexera zostało przyłączone do masy. Mikrokontroler komunikuje się z wyświetlaczem graficznym za pomocą jego magistrali równoległej. Wykorzystano wyświetlacz graficz-

ny o rozdzielczości 128*64 pikseli z dość popularnym sterownikiem T6963C. Wyświetlacz posiada już wbudowane podświetlenie za pomocą diod LED. W analizatorze zostało ono włączone na stałe. Rezystor R1 ogranicza prąd płynący przez diody podświetlenia. Na rys. 3 przedstawiono schemat blokowy zastosowanego wyświetlacza. W jego skład wchodzi: jeden driver obsługujący wiersze, dwa drivery obsługujące kolumny wyświetlacza, pamięć SRAM o pojemności 8 kB oraz kontroler. Do komunikacji z wyświetlaczem jest wykorzystywana

```

List. 1. Procedura odczytu wartości z przetwornika A/C
Sub Pomiar ,procedura pomiaru
  Delay ,opóźnienie
  Wart ac = Getadc(0) ,odczyt wartości z A/C
  Wart ac = Wart ac / 10 ,podzielenie wartości przez 10
  Temp1 = Low(wart ac) ,zapis do zmiennej Temp1 mniej znaczącego bajta zmiennej wart ac
  If Temp1 > 50 Then ,jeśli wartość większa od 50 to
    Temp1 = 50 ,zapis do temp1 wartości 50
  End If
  F(k) = 54 - Temp1 ,obliczenie wielkości słupka
  If F(k) < 4 Then ,jeśli wartość słupka mniejsza niż 4 to
    F(k) = 4 ,zapis wartości 4
  End If
End Sub 'koniec podprogramu
    
```



Rys. 2. Schemat blokowy układu BA3830S

8-bitowa magistrala z kilkunastoma sygnałami sterującymi. Linia /WR to linia zapisu danych, /RD jest linią odczytu danych, /CE jest linią wyboru układu, C/D jest linią wyboru przesyłania komendy lub danych do wyświetlenia. /RESET jest linią zerowania, a FS jest linią wyboru fontu (czcionki). Komunikacja z wyświetlaczem odbywa się za pomocą komend, których dokładny opis można znaleźć w dokumentacji sterownika T6963C. Do wejścia

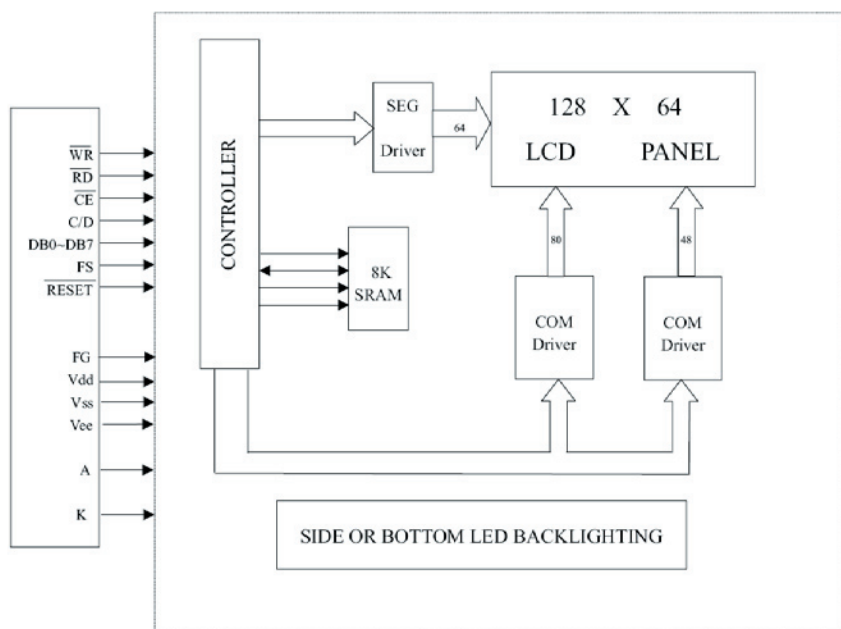
S1...S8 odpowiednio sterujące kondensatorami dołączonymi do układu. Zastosowanie dodatkowej przetwornicy znacznie uprościło konstrukcję całego analizatora, umożliwiło zasilanie całości tylko z pojedynczego napięcia. Analizator widma może

więc być zasilany napięciem stałym z zakresu od 8 V do 12 V, które jest stabilizowane przez stabilizator U4 na poziomie +5 V. Elementy C1...C4 filtrują napięcia zasilające.

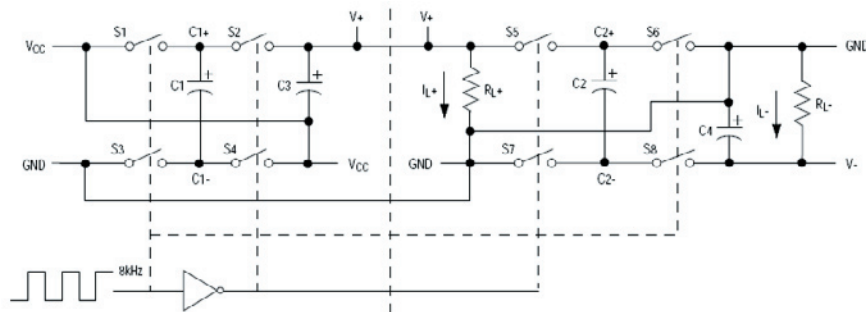
Program sterujący analizatorem został przygotowany w Bascom AVR. Nie jest on skomplikowany i składa się z wielu powtarzanych instrukcji. Do komunikacji z wyświetlaczem graficznym wykorzystano znajdującą się w pakiecie Bascom AVR bibliotekę *glcd.lib* służącą do obsługi wyświetlaczy ze sterownikiem T6963C. Do konfiguracji wyświetlacza graficznego służy polecenie *Config Graphlcd*, za pomocą którego konfigurowane są linie portów sterujących wyświetlaczem. Do rysowania słupków analizatora wykorzystano tylko jedną instrukcję służącą do rysowania linii (Line). Na **list. 1** przedstawiono procedurę odczytu wartości z przetwornika, w której również wykonywane jest przeliczenie odczytanej wartości na wielkość słupka danego kanału. Maksymalna wysokość słupka wynosi 50 pikseli. Na **list. 2** pokazano instrukcje wyświetlające jeden słupek. W pierwszej kolejności poprzez wejścia multiplexera U2 wybierany jest odczytywany kanał analizatora z układu U3. Następnie do zmiennej K zapisywany jest numer odczytywanego kanału, po czym wywoływana jest procedura pomiaru. W pętli FOR wykonywanej 50 razy (tyle jaka jest maksymalna wysokość słupka) następuje rysowanie słupka o wysokości zależnej od

```

List. 2. Instrukcje wyświetlające jeden słupek
Reset M_a ,obsługa kanału 1 (000)
Reset M_b
Reset M_c
K = 1 'kanał 1
Call Pomiar ,wywołanie pomiaru
For I = 54 To 4 Step -1 ,pętla
rysowania słupka o długości zależnej
od wartości odczytanej z A/C
If I >= F(k) Then ,jeśli wartość
I większa lub równa, to
Kol = 1 ,zapis wartości
1 do zmiennej kol (piksele będą wyświetlane)
Else ,w przeciwnym razie
Kol = 0 ,zapis wartości 0
do zmiennej kol (piksele będą wymazywane)
End If
Line(6 , I) -(21 , I) , Kol
,wyświetlenie lub kasowanie w zależności
od kol linii słupka
Next I ,zwiększenie o 1 wartości I
    
```



Rys. 3. Schemat blokowy wyświetlacza graficznego JM12864B



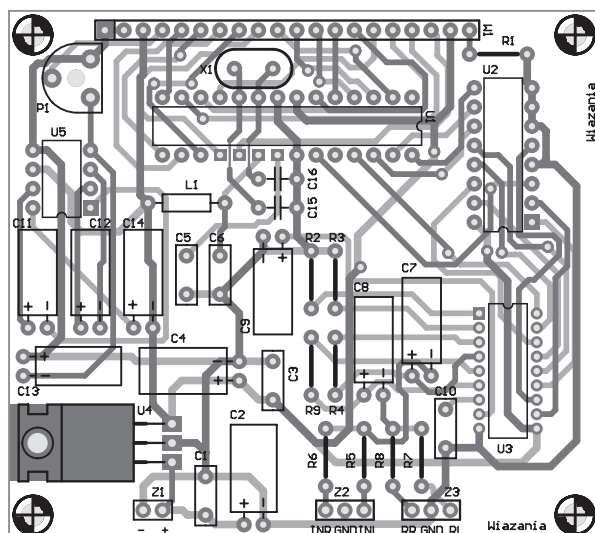
Rys. 4. Schemat blokowy przetwornicy MAX680

odczytanej przez przetwornik A/C wartości. Pozostała długość słupka jest wymazywana. Jeśli zmienna I jest większa od odczytanej wartości z A/C, zmienna Kol przyjmuje wartość 1, w przeciwnym przypadku 0. Zmienna Kol określa czy piksele mają być rysowane, czy kasowane. Chodzi o to, że jeśli rysowany słupek jest mniejszy od poprzedniego, to niepotrzebne piksele należy wyczyścić. Słupek jest rysowany za pomocą polecenia rysowania linii. Pierwsze dwa parametry ($x1, y1$) określają początek linii, a kolejne dwa parametry ($x2, y2$) jej koniec. Jak widać z tej instrukcji, pasek posiada stałą szerokość 21-6 czyli 15 pikseli. Zmieniają się tylko wartości $y1, y2$. Ostatni parametr polecenia $Line$ będący zmienną Kol określa czy piksele mają być rysowane czy kasowane. Dla pozostałych kanałów analizatora widma sygnału audio, instrukcje programu wyglądają podobnie. W przypadku pomiaru i wyświetlania poziomego sygnału służącego nagrywaniu, zamiast pionowego słupka jest rysowany słupek poziomy. Oczywiście możliwe jest

wprowadzenie własnych modyfikacji programu. Przykładowo można rozbudować analizator o chwilowe pamiętanie wartości maksymalnych słupków, czyli coś w rodzaju *peak hold* występującego w miernikachysterowania.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy analizatora został pokazany na rys. 5. Montaż należy rozpocząć od wlutowania elementów najmniejszych. Kondensatory elektrolityczne oraz stabilizator należy wlutować w pozycji leżącej. Do wyświetlacza należy przylutować od strony kontrolera złącze goldpin 1x20, tak aby można go było dołączyć do płytki analizatora. Układ U3 posiada mniejszy rozstaw nóżek niż jest to w typowych obudowach DIP. W przypadku trudności ze zdobyciem podstawki, układ U3 można wlutować na stałe do płytki. Po umieszczeniu zaprogramowanego mikrokontrolera w układzie sterownika analizatora, jest on gotowy do uruchomienia. Po zamontowaniu wyświetlacza powstanie tak



Rys. 5. Schemat montażowy analizatora widma sygnału audio

zwana kanapka. Wyświetlacz graficzny można przykręcić do płytki sterownika wykorzystując tulejki o długości 1 cm. Płytkę sterownika posiada wymiary podobne jak wyświetlacz graficzny. Do zasilenia analizatora potrzebne jest stałe napięcie z zakresu 8 V do 12 V. W układzie można sprawdzić napięcia zasilające, które dla przetwornicy U5 powinny wynosić -10 V, a dla pozostałej części sterownika +5 V. Po zasileniu układu, wymagana bę-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: 10 Ω
- R2, R3: 270 k Ω
- R4: 120 k Ω
- R5...R8: 47 k Ω
- R9: 100 k Ω

P1: 10 k Ω potencjometr montażowy mały, leżący

Kondensatory

- C1, C3, C5, C6: 100 nF MKT
- C2, C4: 220 μ F/16 V
- C7...C9: 10 μ F/16 V
- C10: 3,3 nF MKT
- C11...C13, C14: 4,7 μ F/16 V
- C15, C16: 27 pF

Półprzewodniki

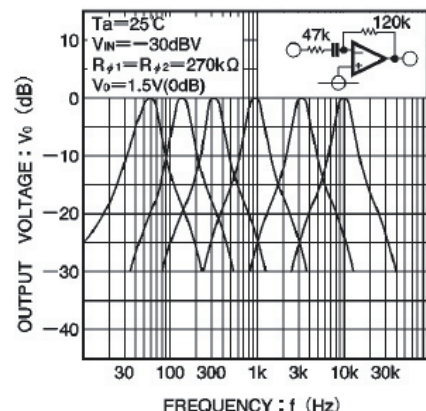
- U1: ATmega8 (DIP-28)
- U2: 4051 CMOS
- U3: BA3830S
- U4: 7805 TO-220
- U5: MAX680 DIP-8
- X1: kwarc 16 MHz wysokość 4 mm
- W1: wyświetlacz graficzny JM12864B rozd. 128*64 (sterownik T6963C)

Inne

- L1: Dławik 10 μ H
- Z1: Goldpin 1x2
- Z2, Z3: Goldpin 1x3
- Z4: Goldpin 1x20 z gniazdem

dzie regulacja kontrastu wyświetlacza graficznego, którą przeprowadzamy potencjometrem P1. Do złącza Z2 można przyłączyć stereofoniczny sygnał audio, którego widmo będzie wyświetlane na słupkach analizatora, a do złącza Z3 dołącza się stereofoniczny sygnał audio poddawany nagrywaniu. W ramach uzupełnienia, na rys. 6 pokazano charakterystykę filtrów analizatora widma zaimplementowanych w układzie U3. Jak widać, 6 kanałów pokrywa w miarę równomiernie całe pasmo sygnału akustycznego.

Marcin Wiązania, EP
marcin.wiazania@ep.com.pl



Rys. 6. Charakterystyka filtrów układu BA3830S