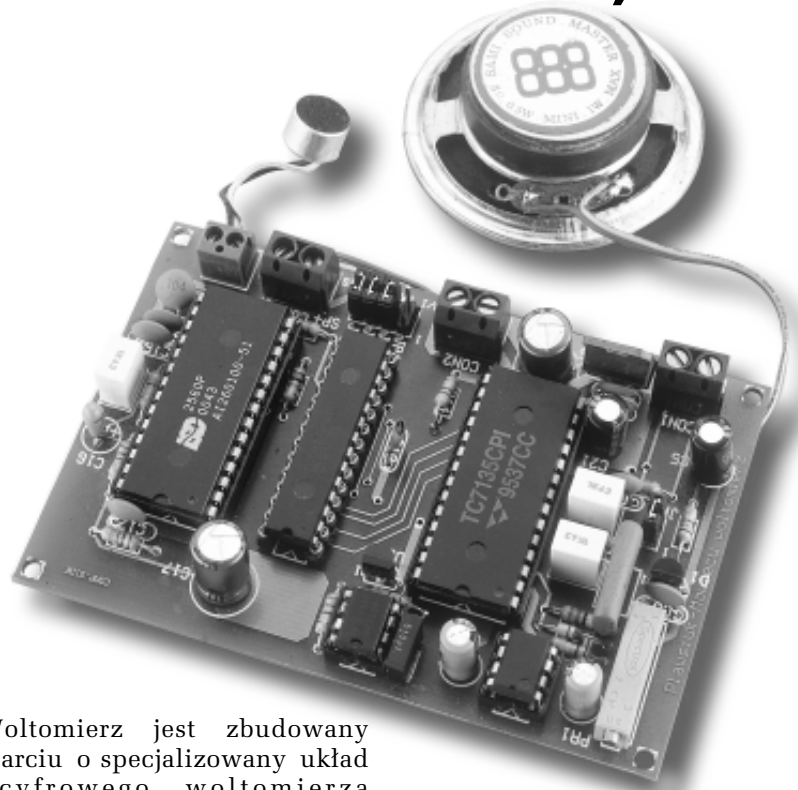


# „Mówiący” woltomierz, część 1

## AVT-5097



Nazwa „woltomierz” lub „miernik” kojarzy nam się zazwyczaj z przyrządem wyposażonym w wyświetlacz, na którym wyświetlane są wyniki pomiarów.

W opisanym w artykule woltomierzu zastosowano dość nietypowy sposób prezentowania wartości mierzonego napięcia. Zamiast wyświetlacza ma on jedynie głośnik, więc wynik oznajmia głosem.

### Rekomendacje:

o mówiących przyrządach pomiarowych marzyli do niedawna przede wszystkim niepełnosprawni, ale wygoda korzystania z nich przekona także wielu pełnosprawnych elektroników.

Woltomierz jest zbudowany w oparciu o specjalizowany układ 4,5-cyfrowego woltomierza ICL7135. Wynik pomiarów jest następnie kierowany do procesora, który przetwarza otrzymane dane i odpowiednio steruje układem odtwarzania dźwięku ISD2560. Mikrokontroler otrzymuje przetworzoną na postać cyfrową informację o mierzonej wartości napięcia i może ją przetworzyć w dowolny sposób. Prezentacja zmierzonych napięć jest wykonywana przy użyciu specjalizowanego układu (umożliwiającego nagrywanie i odtwarzanie dźwięków), pochodzącego ze słynnej rodziny ISD. Mikrokontroler jest więc odpowiedzialny za odczytanie danych o wartości zmierzonego napięcia, wyszukanie odpowiednich komunikatów zawartych w pamięci układu ISD2560 i zainicjowanie ich odtworzenia.

Woltomierz umożliwia pomiar napięcia o wartościach z przedziału od -2000 do +2000 V w czterech podzakresach pomiarowych. Oprogramowanie sterujące określa na podstawie stanu zwozek JP3 i JP4, jaki jest aktualnie ustawiony zakres pomiarowy i odpowiednio modyfikuje wypowiedziane komunikaty.

Dla przykładu, podanie na wejście przetwornika A/C napięcia

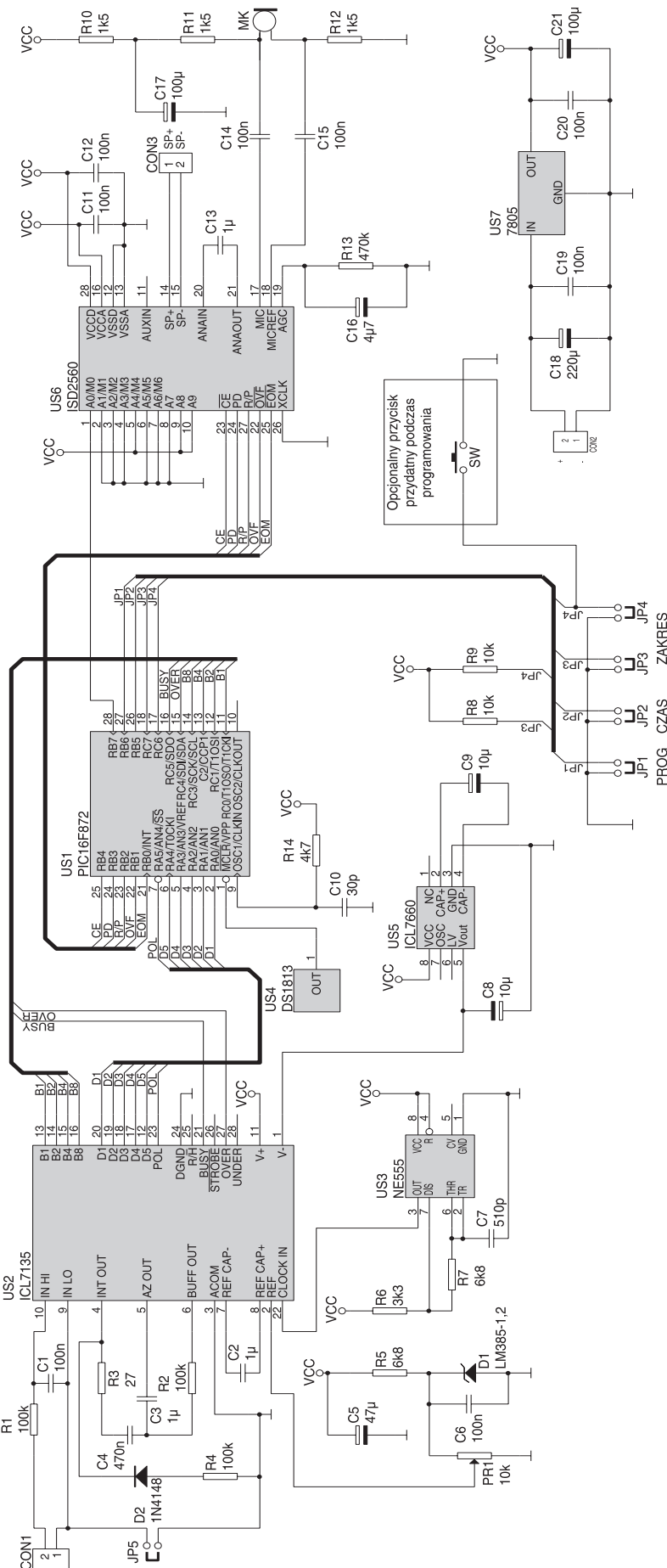
równego 1V i ustawienie zakresu pomiarowego na 2V spowoduje, że komunikat będzie brzmiał: *JEDEN WOLT*. Przy tym samym napięciu wejściowym, ale po zmianie zakresu pomiarowego na 200V, procesor wybierze komunikat: *STO WOLTÓW*.

Układ przedstawia więc w sposób słowny dowolną wartość napięcia z zakresu -1999,9 V...+1999,9 V. W przypadku przekroczenia napięcia dla danego zakresu zostanie wypowiedziany komunikat: *ZAKRES PRZEKROCZONY*.

Zmianę zakresu pomiarowego można przeprowadzić w czasie pracy. Po tej czynności zostanie wypowiedziany komunikat informujący o aktualnym zakresie pomiarowym i napięcie będzie wypowiedziane z uwzględnieniem wartości nowego zakresu pomiarowego.

W zależności od wybranego zakresu, wynik jest przedstawiany z różną rozdzielczością. W **tab. 1** przedstawiono rozdzielczości mierzonego napięcia dla poszczególnych zakresów pomiarowych.

W zależności od wartości mierzonego napięcia, komunikat jest odpowiednio składany z pojedynczych słów. Oprogramowanie pro-



Rys. 1. Schemat elektryczny woltomierza

cesora minimalizuje liczbę wypowiedzianych słów, a więc i cyfr zmierzonego napięcia. Dla napięcia równego 1,23V, komunikat będzie miał postać: *JEDEN WOLT I STO DWADZIEŚCIA TRZY MILIWOLTY*, a dla napięcia 0,005V komunikat będzie następujący: *PIĘĆ MILIWOLTÓW*. Jak wynika z tego przykładu, komunikaty są formowane w taki sposób, że nieznaczące zera są pomijane, co wpływa na przejrzystość prezentowanych komunikatów. Wypowiedzane jednostki mierzonego napięcia są odmieniane przez przypadki i dlatego dla napięcia równego 3mV usłyszymy *TRZY MILIWOLTY*, a dla 5 mV - *PIĘĆ MILIWOLTÓW*.

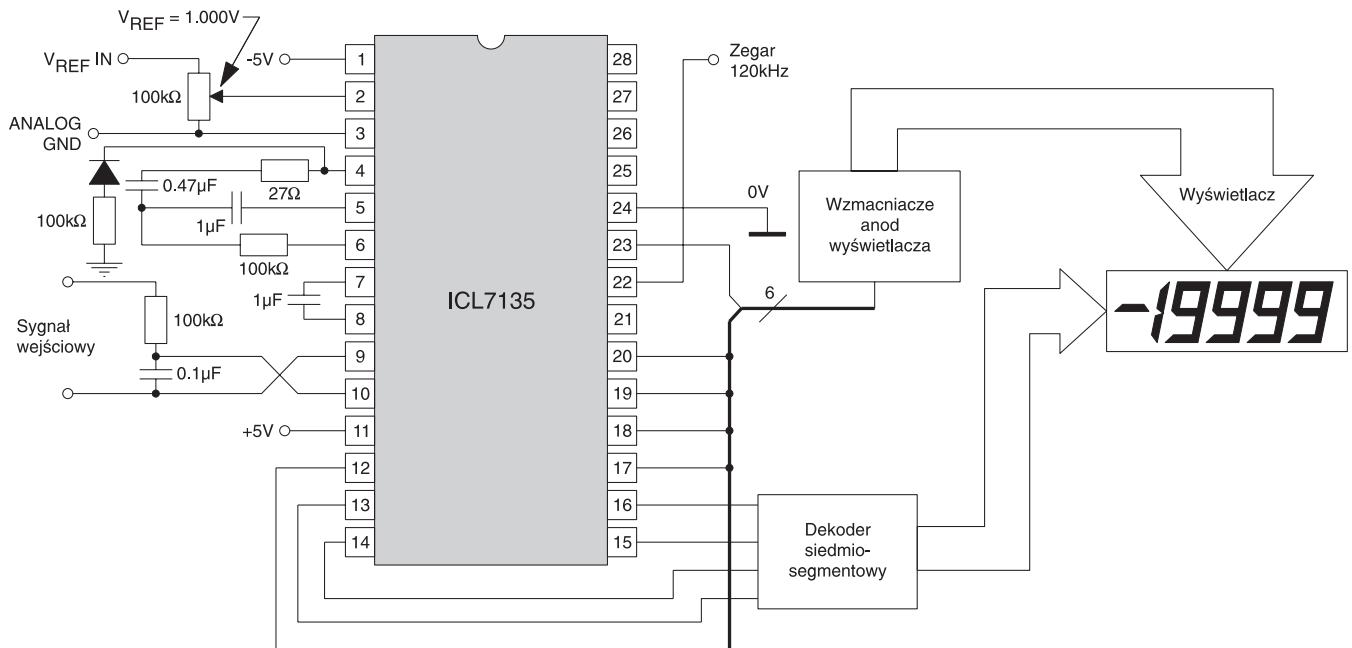
Wartość napięcia dla kolejnych pomiarów może być wypowiedziana w różnych odstępach czasowych. Czas ten może być programowany w zakresie 0...60 sekund, a ponadto jest dostępna funkcja przerywająca wypowiedzanie napięcia. Funkcja ta porównuje mierzone napięcie i jeśli pięć kolejnych pomiarów wskazuje taką samą wartość, to pomiary są wykonywane nadal, ale nie jest „wypowiedziana” ich wartość. Po zmianie wartości napięcia następuje automatyczne wznowienie jej wypowiedzania. Funkcja ta jest szczególnie przydatna, gdy do woltomierza nie jest dołączone żadne napięcie, gdyż po pewnym czasie woltomierz automatycznie przejdzie w tryb czuwania, a gdy pojawi się napięcie, samoczynnie powróci do trybu pracy.

**Budowa i działanie**

Schemat elektryczny woltomierza przedstawiono na rys. 1. Składa się on z trzech bloków funkcjonalnych: bloku pomiaru napięcia z układem ICL7135, bloku przetwarzania danych z mikro-

Tab.1 Rozdzielczość pomiaru woltomierza na poszczególnych zakresach			
Zakres pomiarowy	Włączenie zworek		Rozdzielczość pomiaru
	JP3	JP4	
2V	0	0	1mV
20V	1	0	1mV
200V	0	1	10mV
2000V	1	1	100mV

1 - zworka  
0 - brak zworki



Rys. 2. Typowa aplikacja układu ICL7135

kontrolerem PIC16F872 oraz bloku prezentowania wyników z układem ISD2560.

Blok pomiaru napięcia został zbudowany w oparciu o specjalizowany układ ICL7135. Jest to 4,5-cyfrowy woltomierz o zakresie pomiarowym równym  $\pm 2$  V. Zastosowanie tego układu sprawia, że napięcie jest mierzone z dużą dokładnością.

Na rys. 2 przedstawiono schemat typowej aplikacji układu ICL7135. Część analogowa w prezentowanym woltomierzu jest taka sama jak w aplikacji, natomiast została zmieniona część cyfrowa.

Do zasilania układu ICL7135 potrzebne jest ujemne napięcie o wartości -5 V, które jest wytwarzane przez przetwornicę kondensatorową zbudowaną z użyciem układu US5. Układ ten dostarcza napięcia ujemnego równego co do wartości napięciu jego zasilania i należy do niego dołączyć tylko dwa elementy zewnętrzne: kondensatory C8 i C9. Układ woltomierza wymaga również zewnętrznego sygnału zegarowego. Generator tego sygnału został zbudowany za pomocą układu US3 wraz z elementami: R6, R7 i C7.

Zewnętrzne napięcie odniesienia dla przetwornika A/C uzyskano za pomocą diody D1, o napięciu referencyjnym 1,2 V.

Aby zakres pomiarowy woltomierza wynosił 2 V, źródło odniesienia musi mieć wartość równą

1 V. Do precyzyjnego ustawienia tej wartości służy potencjometr wielobrotowy PR1. Mierzone napięcie podawane jest na wejście przetwornika poprzez rezystor szeregowy R1, który wraz z kondensatorem C1 tworzy filtr dolnoprzepustowy zapobiegający gwałtownym zmianom napięcia na wejściu przetwornika A/C. Wejście INLO przetwornika może być, w zależności od potrzeb, połączone z masą woltomierza lub z masą badanego układu. Aby masa całego woltomierza była również masą obwodu wejściowego przetwornika A/C, należy zewrzeć zworę JP5.

Jako procesor sterujący woltomierzem zastosowano układ PIC16F872 z wewnętrzną pamięcią EEPROM. W pamięci EEPROM zapisany jest program oraz niektóre zmienne parametry woltomierza (nie zostaną utracone po zaniku napięcia zasilania).

Procesor jest taktowany sygnałem z oscylatora wewnętrznego z zewnętrznym obwodem RC (rezystor R14 i kondensator C10). W tym układzie procesor nie wykonuje operacji związanych z odliczaniem czasu, dlatego można było zastosować taki generator. Do zerowania procesora po włączeniu zasilania służy specjalizowany układ zerujący DS1813.

List. 1. Procedura odczytu napięcia z układu ICL7135

```

//*****
// Procedura odczytuje wartość napięcia i zapisuje ją w buforze cyfra
//*****
odczytaj_napiecie()
{
  disable_interrupts(global); //wyłącz przerwania
  while(!input(busy)); //czekaj na rozpoczęcie pomiaru
  while(input(busy)); //czekaj na koniec bieżącego pomiaru

  over=input(overrange); //przepisz stan przekroczenia zakresu do over
  while(!input(d5)); //czekaj na cyfrę nr5
  delay_us(500); //czekaj na ustalenie się danych
  cyfra[4]=data&0x0f; //odczytaj cyfrę 5, i zapisz ją do bufora

  while(!input(d4)); //czekaj na cyfrę nr4
  delay_us(500); //czekaj na ustalenie się danych
  cyfra[3]=data&0x0f; //odczytaj cyfrę 4, i zapisz ją do bufora

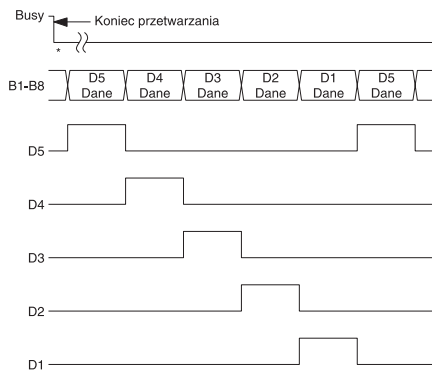
  while(!input(d3)); //czekaj na cyfrę nr3
  delay_us(500); //czekaj na ustalenie się danych
  cyfra[2]=data&0x0f; //odczytaj cyfrę 3, i zapisz ją do bufora

  while(!input(d2)); //czekaj na cyfrę nr2
  delay_us(500); //czekaj na ustalenie się danych
  cyfra[1]=data&0x0f; //odczytaj cyfrę 2, i zapisz ją do bufora

  while(!input(d1)); //czekaj na cyfrę nr1
  delay_us(500); //czekaj na ustalenie się danych
  cyfra[0]=data&0x0f; //odczytaj cyfrę 1, i zapisz ją do bufora

  minus=input(pol); //przepisz znak polaryzacji do bitu minus
  enable_interrupts(global); //włącz przerwania
}
//*****

```



Rys. 3. Przebiegi czasowe na wyjściach układu ICL7135

Współpraca procesora z układem przetwornika A/C polega na „udawaniu” przez procesor wyświetlacza. Na rys. 3 przedstawiono przebiegi czasowe występujące na wyjściach układu ICL7135. Ponieważ wyjścia tego układu są przystosowane do sterowania wyświetlaczem LED w sposób multipleksowy, dlatego stany na nich zmieniają się w zależności od tego, do którego wyświetlacza (cyfry) są kierowane. Jak widać na rys. 3, na wyjścia B1...B8 wystawiana jest wartość dla danego wyświetlacza, a następnie na jedno z wyjść D1...D5 podawany jest poziom wysoki, powodujący włączenie danego wyświetlacza. Po krótkim czasie następuje wygaszenie wyświetlacza, a na wyjściach B1...B8 pojawia się wartość dla kolejnego wyświetlacza i poziom wysoki na kolejnym z wyjść D1...D5. Ten proces wykonywany jest nieustannie. Dane pojawiające się na wyjściach B1...B8 reprezentują wartość wyświetlanej w danym momencie cyfry.

Procedura odczytu wartości napięcia jest przedstawiona na list. 1. W procedurze oczekuje się na rozpoczęcie pomiaru przez układ przetwornika A/C, poprzez sprawdzenie stanu wyjścia *BUSY*, jeśli na tym wyjściu występuje stan zero, to pomiar został zakończony. Aby odczytać wynik po pełnym cyklu pomiarowym, procesor najpierw czeka na początek pomiaru (*Busy*=1), a następnie na jego zakończenie (*Busy*=0). Następnie do flagi *over* zostaje zapisany stan wyjścia *over* przetwornika (w list. 1 wejście procesora o nazwie *ovrange*, czyli port RC4). Jeśli wyjście to będzie w stanie „1” (wysokim), to ozna-

cza, że zakres pomiaru przetwornika został przekroczony. W naszym przypadku napięcie wejściowe jest większe od 2 V lub mniejsze od -2 V. Jeżeli na wyjściu tym jest poziom niski, to mierzone napięcie zawiera się w dozwolonym zakresie. W obydwu przypadkach następuje odczytanie kolejnych cyfr zmierzonego napięcia. Ponieważ wynik pomiaru jest przedstawiany za pomocą pięciu cyfr, należy kolejno je odczytać. Tak jak to pokazano na rys. 3, wartości kolejnych cyfr wyniku pojawiają się kolejno na wyjściach B1...B8. O tym, do której cyfry przypisane są dane wystawione na tych wyjściach informują stany na wyjściach D1...D5.

Cyfry wyświetlane są poczynając od piątej, a kończąc na pierwszej. Dlatego po zakończonym cyklu pomiarowym procesor oczekuje na pojawienie się jedynek na wyjściu *D5* i przepisuje dane z wyjść B1...B8 do bufora piątej cyfry. Następnie oczekuje na pojawienie się jedynek na wyjściu *D4* i zapisuje odczytane dane do bufora cyfry czwartej. Dalej następuje odczytanie kolejnych cyfr i zapisanie ich do przeznaczonych dla nich buforów.

Po odczytaniu wszystkich cyfr zostaje jeszcze odczytany stan wyjścia *POL*. Wyjście to służy do sygnalizacji, czy mierzone napięcie ma polaryzację dodatnią, czy ujemną. Na tym kończy się procedura odczytu wartości napięcia z układu ICL7135. Zapisana wartość napięcia zostaje następnie przetworzona przez procesor i w zależności od wartości tego napięcia oraz wybranego zakresu pomiarowego następuje odpowiednieysterowanie układu mówiącego.

Do zapamiętania i odtwarzania komunikatów głosowych zastosowano układ ISD2560. Układ ten umożliwia zapis dźwięku o czasie trwania 60 sekund. Nagrywanie komunikatów odbywa się poprzez dołączenie mikrofon pojemnościowy *MK*. Układ *US6* w czasie odtwarzania komunikatów umożliwia bezpośrednioysterowanie głośnika, dlatego do złącza *CON3* można podłączyć głośnik bez stosowania dodatkowego wzmacniacza.

Układ ISD2560 komunikuje się z procesorem za pomocą tylko sześciu wyprowadzeń, a przy tym

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

R1, R2, R4: 100kΩ  
 R3: 27Ω  
 R5, R7: 6,8kΩ  
 R6: 3,3kΩ  
 R8, R9: 10kΩ  
 R10...R12: 1,5kΩ  
 R13: 470kΩ  
 R14: 4,7kΩ  
 PR1: potencjometr helitrim 10kΩ

### Kondensatory

C1, C6, C7, C11, C12, C14, C15: 100nF  
 C2, C3, C13: 1μF polipropylenowy  
 C4: 470nF polipropylenowy  
 C5: 47μF/16V  
 C8, C9: 10μF/16V  
 C10: 30pF  
 C16: 4,7μF/16V  
 C17: 100μF/16V

### Półprzewodniki

D1: LM385-1,2V  
 D2: 1N4148  
 US1: PIC16F872 zaprogramowany  
 US2: ICL7135  
 US3: NE555  
 US4: DS1813  
 US5: ICL7660S  
 US6: ISD2560  
 US7: LM7805

### Różne

CON1...CON3: ARK2(5mm)  
 CON4: ARK2(3,5mm)  
 JP1...JP5: Goldpin 1x2 + zworka  
 Podstawka DIL8 - 2 szt.  
 Podstawka DIL28 (300 mils) - 1 szt.  
 MK: mikrofon pojemnościowy  
 Głośnik 1W/16Ω

umożliwia odtworzenie dowolnego komunikatu zawartego w jego pamięci. Poprzez odpowiednie skonfigurowanie wejść sterujących MA0...MA6, układ ten pracuje w trybie kolejnego adresowania, z możliwością użycia funkcji „szybko naprzód”. Tryb kolejnego adresowania umożliwia procesorowi kolejne nagrywanie lub odtwarzanie komunikatów bez znajomości adresu pamięci, pod którym rozpoczyna się dany komunikat. Funkcja „szybko naprzód” umożliwia przyspieszenie odtwarzanych komunikatów 800 razy. Dzięki połączeniu funkcji kolejnego adresowania i „szybko naprzód” procesor zaledwie w ciągu kilkudziesięciu milisekund może dotrzeć do dowolnego komunika-

tu zawartego w pamięci i odtworzyć go z normalną prędkością. Tak krótki czas wyszukiwania komunikatu umożliwia łączenie kilku niezależnych komunikatów w jedną dłuższą wypowiedź (komunikat) bez słyszalnych przerw pomiędzy nimi. Do prezentowania głosem wartości napięcia zastosowane zostało właśnie łączenie kilku krótkich komunikatów w jeden dłuższy z możliwością wypowiedzenia każdej wartości napięcia z przedziału od -1999,9 do +1999,9 V. Łączny czas nagranych komunikatów wynosi około 40 sekund. Szczegółowe dane na te-

mat tego układu można znaleźć na stronie <http://www.isd.com>, a sposób wyszukiwania komunikatów w EP5/2002 w artykule „Mówiący termometr”.

Napięcie +5V, potrzebne do zasilania wszystkich układów woltomierza, jest stabilizowane za pomocą stabilizatora typu LM7805. W celu odfiltrowania napięcia wejściowego zastosowano kondensatory C18 i C19, a po stronie wyjściowej kondensatory C20 i C21.

Do zmiany parametrów woltomierza zastosowano cztery zworki, które są wykorzystywane zarówno w czasie programowania,

jak i w czasie normalnej pracy. Zworki JP1 i JP2 zostały podłączone do portu RB, dzięki czemu nie jest konieczne stosowanie rezystorów podciągających *pull-up*, gdyż rezystory takie zawarte są wewnątrz procesora. Ponieważ port RC nie posiada takich rezystorów, dlatego zostały zastosowane zewnętrzne rezystory R8 i R9.  
**Krzysztof Pławiuk, AVT**

*Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/styczen03.htm> oraz na płycie CD-EP1/2003B w katalogu PCB.*