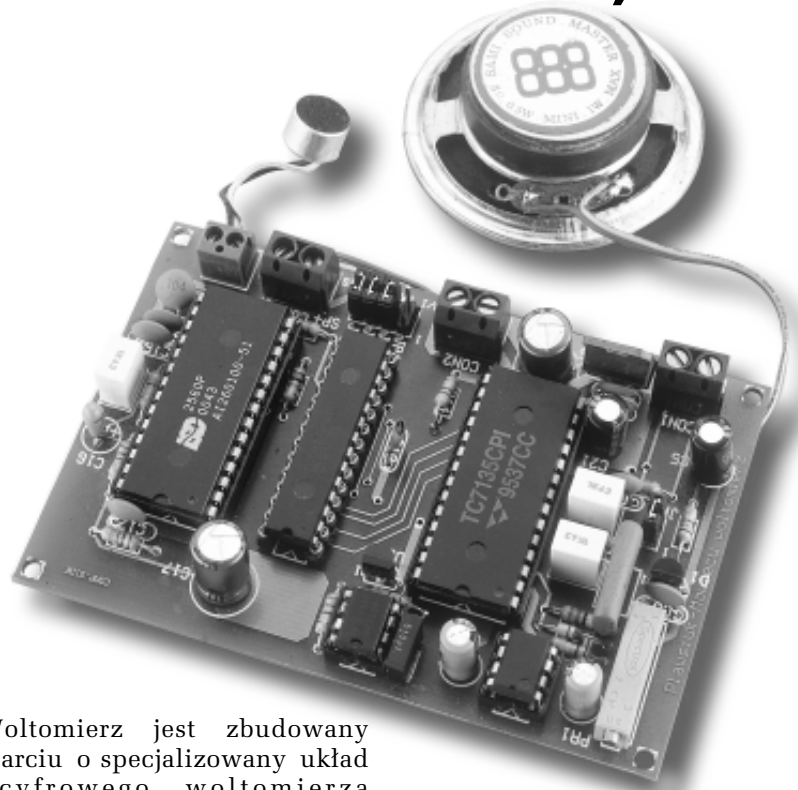


„Mówiący” woltomierz, część 1

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 wartości napięcia 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 zmierzonych wartości 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 zwojek JP3 i JP4, jaki jest aktualnie ustawiony zakres pomiarowy i odpowiednio modyfikuje wypowiedziane komunikaty.

Dla przykładu, podanie na wejście przetwornika A/C napięcia

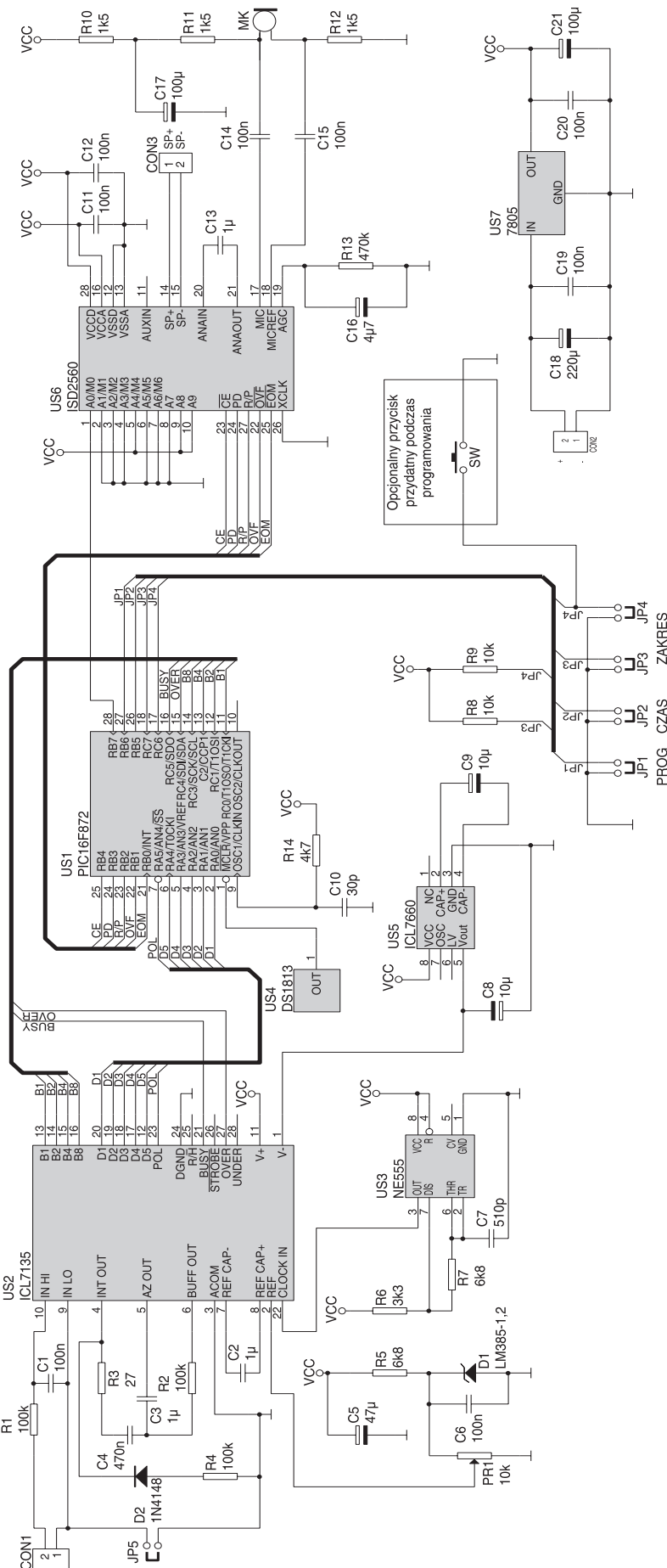
równego 1V i ustawienie zakresu pomiarowego na 2V spowoduje, że komunikat będzie brzmiał: *JEDEN WOLT*. Przy tym samym napięciu wejściowym, ale po zmianie zakresu pomiarowego na 200V, procesor wybierze komunikat: *STO WOLTÓW*.

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.

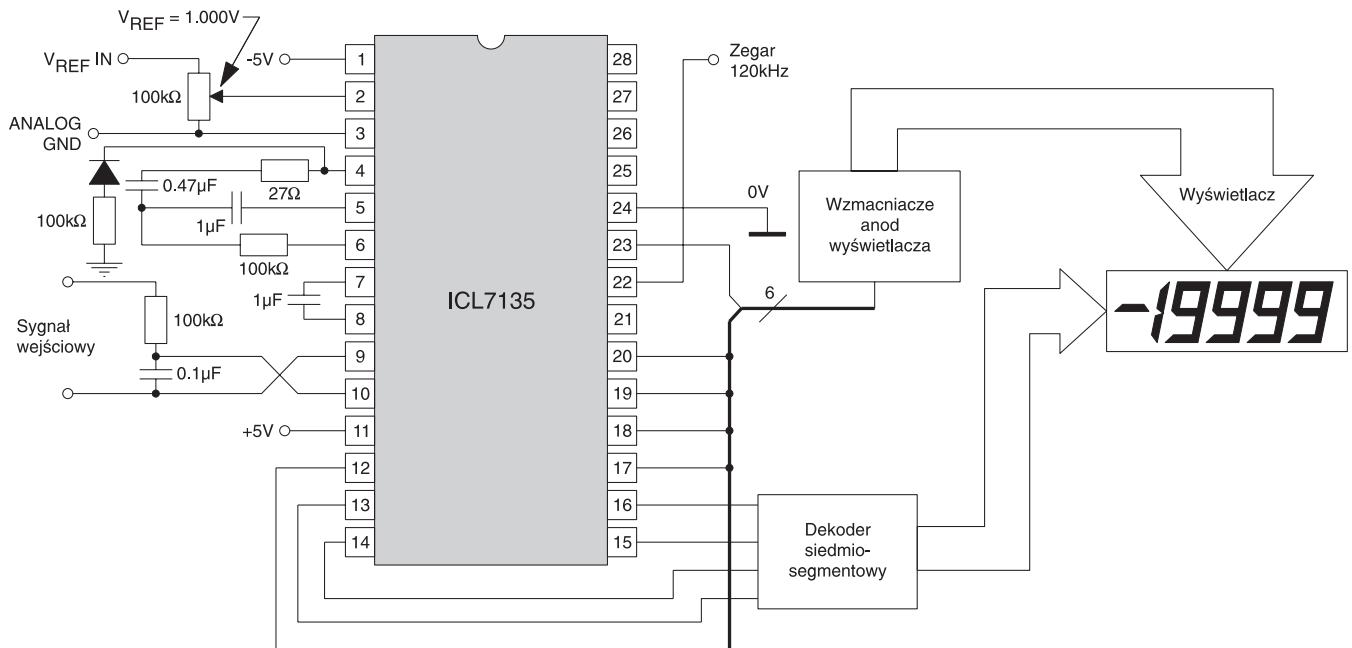
Budowa i działanie

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 ± 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

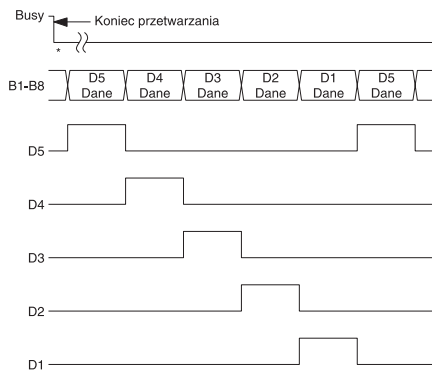
  while(!input(d3)); //czekaj na cyfrę nr3
  delay_us(500); //czekaj na ustalenie się danych
  cyfra[2]=data&0x0f; //odczytaj cyfrę 3, i zapisz ją do bufora

  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 kilkadziesiąt 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.

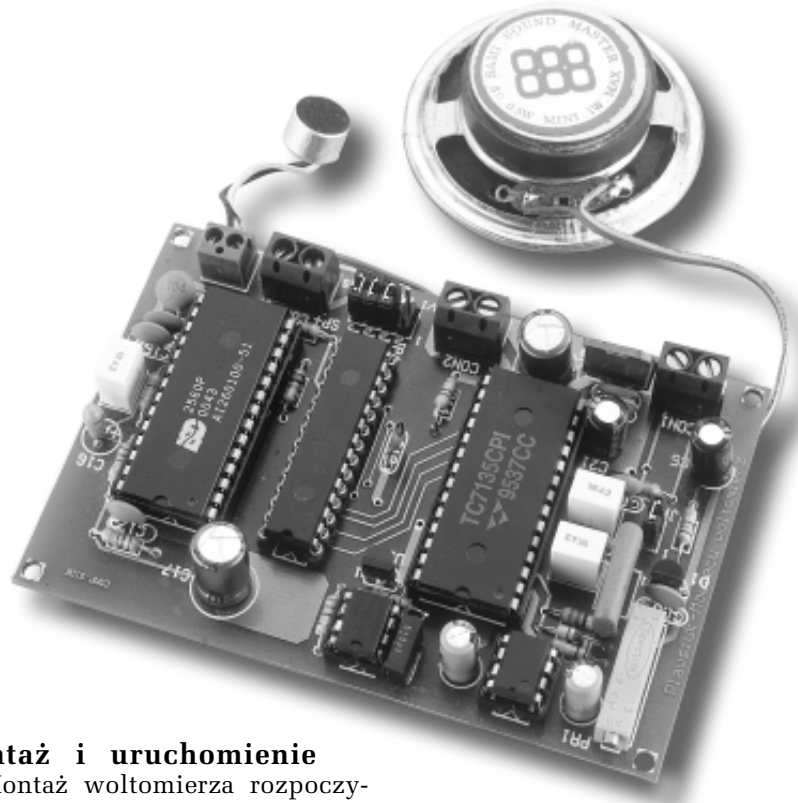
„Mówiący” woltomierz, część 2

AVT-5097

W drugiej części artykułu przedstawiamy sposób montażu, uruchomienia i programowania woltomierza.

Wymagana jest od użytkownika odrobina cierpliwości i znajomość działania woltomierza.

Rekomendacje:
o mówiących przyrządach pomiarowych marzyli do niedawna przede wszystkim niepełnosprawni, ale mogą je szybko polubić wszyscy elektrycy.



Montaż i uruchomienie

Montaż woltomierza rozpoczynamy od wlutowania w płytkę drukowaną (jej schemat montażowy pokazano na **rys. 4**) rezystorów. Następnie montujemy podstawki pod układy scalone. W kolejnym etapie montujemy kondensatory, potencjometr PR1 i złącza CON1...CON4 oraz zworki JP1...JP5.

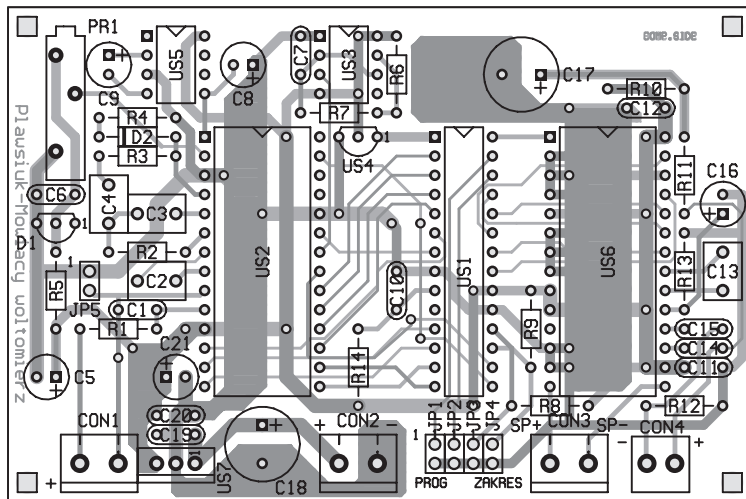
Po wlutowaniu wszystkich elementów należy wyskalować woltomierz. W tym celu trzeba włożyć w podstawki wszystkie układy scalone i usunąć zworki JP1...JP4. W zależności od tego czy chcemy, aby masa woltomierza była jednocześnie masą źródła mierzonego napięcia, czy nie, zwieramy lub rozwieramy zworę JP5. Jeśli masa woltomierza ma być masą źródła mierzonego napięcia, to zworę JP5 należy zerwać. Zwarcie tej zworki powoduje dołączenie do masy ujemnego wejścia przetwornika A/C. Następnie należy ustawić napięcie odniesienia przetwornika na wartość równą 1 V. Do tego celu służy potencjometr PR1, który jest dzielnikiem napięcia otrzymanego w wyniku stabilizacji poprzez diodę D1. Napięcie to ma wartość 1,23 V, więc na wejście odnie-

sienia należy podać część tego napięcia. W celu precyzyjnego ustawienia napięcia odniesienia należy pomiędzy masę a suwak potencjometru PR1 (lub wyprowadzenie 2 US2) włączyć inny woltomierz i potencjometrem ustawić wskazanie równe 1 V. Do pomiaru napięcia odniesienia należy zastosować woltomierz jak najwyższej klasy, gdyż od tego zależy dokładność wykonywania pomiarów przez zbudowany woltomierz. Po tej czynności woltomierz jest przygotowany do pracy - układ przetwornika pracuje poprawnie. Należy więc zaprogramować parametry „wyświetlania” (odtworzenia komunikatów) mierzonego napięcia.

Do zasilania woltomierza można zastosować dowolny zasilacz niestabilizowany o napięciu wyjściowym wynoszącym około 9 V i maksymalnym prądzie około 200 mA.

Programowanie

Ponieważ prezentowany woltomierz nie posiada wyświetlacza, a wyniki pomiarów przedstawiane są w postaci komunikatów głoso-



Rys. 4. Schemat montażowy płytki drukowanej woltomierza

wych, komunikaty te należy zapisać w pamięci układu ISD2560. Spis niezbędnych komunikatów zamieszczono w **tab.2**.

Aby wprowadzić procesor w tryb nagrywania komunikatów, należy odpowiednio ustawić zworki JP1...JP4. Spis wszystkich trybów pracy woltomierza w zależności od ustawienia zworek konfiguracyjnych przedstawiono w **tab. 3**. Stan „0” oznacza zwarcie zworki, stan „1” rozwarcie, a stan „X” oznacza stan dowolny.

Nagrywanie komunikatów przeprowadza się tylko raz, podczas

uruchamiania woltomierza. Aby przejść do trybu nagrywania komunikatów, należy, przy wyłączonym zasilaniu, zgodnie z tabelą zewrzeć zworki JP1 i JP3. Dodatkowo jako zworkę JP4, na czas programowania można zastosować przycisk monostabilny (przedstawiony na schemacie elektrycznym jako opcjonalny). Przycisk ten znacznie ułatwia programowanie, gdyż wielokrotne zwieranie i rozwieranie zworki jest dość kłopotliwe.

Jeśli przygotowaliśmy procesor do nagrywania, to włączamy zasilanie i rozpoczynamy nagrywanie komunikatów. Nagrywanie komunikatu przeprowadza się przy zwarceniu zworki JP4 (dodatkowego przycisku) - trwa ono przez cały czas zwarcia tego przycisku. Zwolnienie przycisku powoduje zakończenie nagrywania danego komunikatu. Dla zapisania komunikatu należy więc wykonać sekwencję czynności: nacisnąć przycisk (JP4), wypo-

wiedzieć odpowiedni komunikat i zwolnić przycisk. Procesor zwiększa zawartość licznika nagranych komunikatów i oczekuje na kolejny zapis. Proces ten należy powtórzyć dla wszystkich komunikatów zawartych w tab. 2. Po ostatnim komunikacie procesor przechodzi w stan oczekiwania na ponowne włączenie zasilania. Nie można więc nagrać większej liczby komunikatów, niż zawarto w tab. 2. Woltomierz nie ma żadnej sygnalizacji przekroczenia maksymalnego czasu nagrania dla układu ISD2560, nie stanowi to jednak istotnego ograniczenia, gdyż czas niezbędnych komunikatów wynosi zaledwie około 40 sekund.

Po nagraniu wszystkich komunikatów wyłączamy zasilanie i możemy przejść do sprawdzenia poprawności nagranych komunikatów. W tym celu należy zewrzeć zworki JP1 i JP4 (zgodnie z tab. 3) i włączyć zasilanie. Następnie rozwieramy zworkę JP4 (dodatkowy przycisk). Po tych czynnościach każdorazowe naciśnięcie przycisku (JP4) będzie powodowało odtworzenie kolejnego komunikatu zawartego w pamięci układu ISD2560. Po odtworzeniu ostatniego komunikatu procesor przestanie reagować na naciskanie przycisku i będzie oczekiwał na wyłączenie zasilania.

Jeśli odtworzone komunikaty są zgodne z zawartymi w tab. 2, to procedura zapisu komunikatów została zakończona. W przeciwnym przypadku proces nagrywania należy powtórzyć.

Teraz woltomierz jest gotowy do pracy. Pomimo tego, że układ ICL7135 wykonuje około trzech

| L.p. Komunikat | L.p. Komunikat |
|-------------------|------------------------|
| 1 Zero | 25 Sześćdziesiąt |
| 2 Jeden | 26 Siedemdziesiąt |
| 3 Dwa | 27 Ośiemdziesiąt |
| 4 Trzy | 28 Dziewięćdziesiąt |
| 5 Cztery | 29 Sto |
| 6 Pięć | 30 Dwieście |
| 7 Sześć | 31 Trzysta |
| 8 Siedem | 32 Czterysta |
| 9 Ośiem | 33 Pięćset |
| 10 Dziewięć | 34 Sześćset |
| 11 Dziesięć | 35 Siedemset |
| 12 Jedenaście | 36 Ośiemset |
| 13 Dwanaście | 37 Dziewięćset |
| 14 Trzydzieści | 38 Tysiąc |
| 15 Czternaście | 39 Dwa tysiące |
| 16 Piętnaście | 40 Tysiąc |
| 17 Szesnaście | 41 Wolt |
| 18 Siedemnaście | 42 Wolt |
| 19 Ośmnaście | 43 Miliwolt |
| 20 Dziewiętnaście | 44 Miliwołty |
| 21 Dwadzieścia | 45 Minus |
| 22 Trzydzieści | 46 Zakres |
| 23 Czerdzieści | 47 Zakres przekroczony |
| 24 Pięćdziesiąt | |

| L.p | JP1 | JP2 | JP3 | JP4 | Realizowane funkcje |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|--|
| Tryb programowania parametrów | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | Nagrywanie komunikatów |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | Odtwarzanie komunikatów |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | Ustawianie czasu przerwy pomiędzy kolejnymi pomiarami |
| Tryb wypowiadania komunikatów | | | | | |
| 4 | 1 | X | 0 | 0 | Zakres 2V |
| 5 | 1 | X | 1 | 0 | Zakres 20V |
| 6 | 1 | X | 0 | 1 | Zakres 200V |
| 7 | 1 | X | 1 | 1 | Zakres 2000V |
| 8 | 1 | 1 | X | X | Mierzone napięcie jest wypowiadane przez cały czas włączenia woltomierza |
| 9 | 1 | 0 | X | X | Jeśli pięć pomiarów napięcia daje taką samą wartość, to wypowiadanie wartości napięcia zostaje wstrzymane do momentu, aż napięcie zmieni wartość |

pomiarów na sekundę, to ze względu na czas potrzebny na wypowiedzenie („wyświetlanie”) wyniku pomiaru, powtarzane jest ono co kilka sekund. Oprogramowanie sterujące odtwarzaniem komunikatów umożliwia indywidualne ustalenie czasu przerwy pomiędzy kolejnymi komunikatami. Czas ten można zmieniać zależnie od potrzeb w zakresie 0...60 s. Po wypowiedzeniu wartości napięcia może więc nastąpić wypowiedzenie kolejnego wyniku lub przerwa o określonym czasie trwania.

W zaprogramowanym procesorze czas ten jest ustalony na 1 sekundę. Aby go zmienić, należy, przy wyłączonym napięciu, zewrzeć zworki JP1 i JP2, a następnie włączyć zasilanie. Po tej czynności procesor oczekuje na zwarcie zworki JP4 (dodatkowy przycisk). Naciśnięcie przycisku rozpoczyna odliczanie czasu, czas jest odliczany do momentu zwolnienia przycisku. Jeśli przycisk był naciśnięty dłużej niż 60 sekund, to zostanie zapisana maksymalna wartość, czyli 60 sekund.

Czas, przez który przycisk był naciśnięty, zostaje zapisany w wewnętrznej pamięci EEPROM (dzięki temu zapisana wartość będzie pamiętana również po zaniku napięcia zasilania) i od tej pory kolejne pomiary napięcia będą dokonywane w zaprogramowanych odstępach czasowych. Po ustaleniu wymaganego czasu powtarzania komunikatu można wyłączyć zasilanie i woltomierz jest gotowy do użytkowania.

Obsługa

Woltomierz umożliwia wypowiedzenie mierzonego napięcia w czterech zakresach. Zakres jest wybierany poprzez odpowiednie ustawienie zworek JP3 i JP4 (patrz tab. 3). Ustawienie danego zakresu powoduje, że mierzone napięcie, pomimo iż przez cały czas zawiera się w zakresie 2 V, to jest wypowiedzane w inny sposób. Zakres ten może być zmieniany w dowolnym czasie, ale jeśli zostanie zmieniony, to zostanie wypowiedziany aktualny zakres pomiarowy. Jeśli stan zworek zmienimy w czasie wypowiedzania komunikatu, to zostanie on dokończony i dopiero wtedy otrzymamy informację o nowym zakresie pomiarowym.

Przykładowe komunikaty wypowiedzane przez woltomierz dla różnych zakresów pomiarowych przedstawiono w tab. 4. Jak widać, woltomierz potrafi „odczytać” napięcie w zakresie od -1999,9 V do 1999,9 V. Oprogramowanie zawarte w mikrokontrolerze nie obsługuje odmiany jednostek przez przypadki (dla uproszczenia oprogramowania). Rozróżnia tylko liczbę pojedynczą i mnogą. Dodatkowo w wypowiedzianym komunikacie pomijane są nieznaczące zera, co wpływa na skrócenie czasu wypowiedzania wartości mierzonego napięcia.

Dodatkową funkcją, dostępną w czasie „odczytywania” mierzo-

nego napięcia, jest możliwość automatycznego wyłączenia woltomierza, jeśli mierzone napięcie nie będzie ulegało zmianie. Jeśli zworka JP2 będzie zwarta, a pięć kolejnych pomiarów będzie miało taką samą wartość, to wypowiedzanie wartości napięcia zostanie wstrzymane. Przez cały czas napięcie będzie jednak nadal mierzone i porównywane z poprzednią wartością. Jeśli ulegnie zmianie, to wypowiedzanie komunikatów zostanie przywrócone. Funkcja ta jest szczególnie przydatna, gdy do wejścia woltomierza nie będzie dołączone napięcie, gdyż przy braku napięcia zbędne jest jego wypowiedzanie. Jeżeli jednak

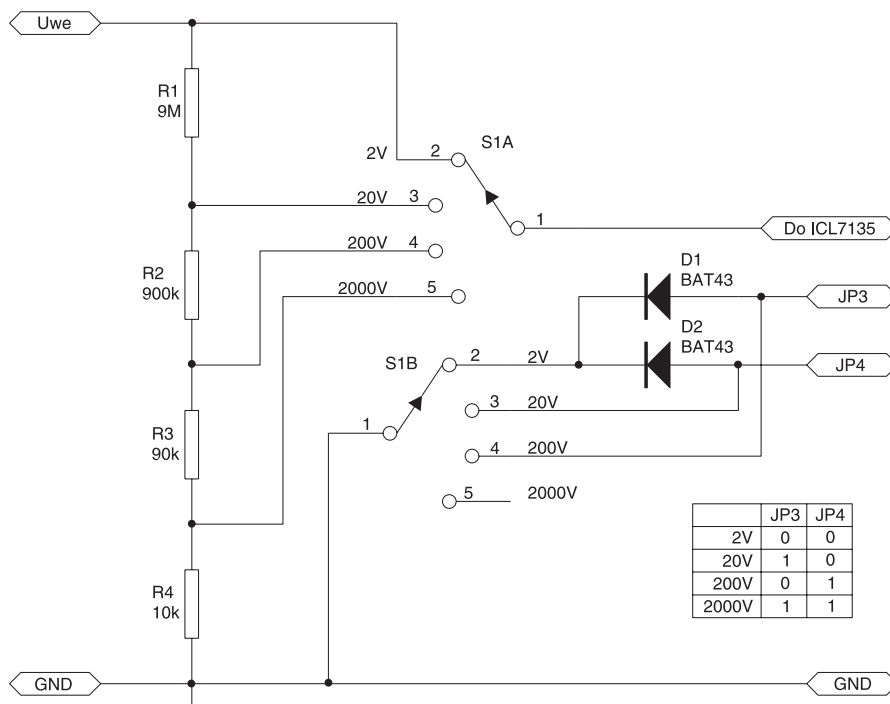
Tab.4. Przykłady wypowiedzanych komunikatów przez woltomierz dla wszystkich zakresów pomiarowych, dla charakterystycznych napięć wejściowych

| Uwe | Ua/c | Wypowiedzany komunikat |
|--|----------|---|
| Zakres 2V (JP3=0, JP4=0) - rozdzielczość 1mV (dzielnik wejściowy 1:1) | | |
| -2,700V | -2,700V | Zakres przekroczony |
| -1,350V | -1,350V | Minus jeden wolt i trzysta pięćdziesiąt miliwoltów |
| 0V | 0,000V | Zero woltów |
| 0,253V | 0,253V | Dwieście pięćdziesiąt trzy miliwoltów |
| 0,500V | 0,500V | Pięćset miliwoltów |
| 1,005V | 1,005V | Jeden wolt i pięć miliwoltów |
| 1,956V | 1,956V | Jeden wolt i dziewięćset pięćdziesiąt sześć miliwoltów |
| 2,500V | 2, 500V | Zakres przekroczony |
| Zakres 20V (JP3=1, JP4=0) - rozdzielczość 1mV (dzielnik wejściowy 1:10) | | |
| -27,000V | -2,700V | Zakres przekroczony |
| -13,547V | -1,3547V | Minus trzynaście woltów i pięćset czterdzieści siedem miliwoltów |
| 0V | 0,0000V | Zero woltów |
| 0,253V | 0,0253V | Dwieście pięćdziesiąt trzy miliwoltów |
| 5,000V | 0,0500V | Pięć woltów |
| 10,023V | 1,0023V | Dziesięć woltów i dwadzieścia trzy miliwoltów |
| 10,405V | 1,0405V | Dziesięć woltów i czterysta pięć miliwoltów |
| 19,568V | 1,9568V | Dziewiętnaście woltów i pięćset sześćdziesiąt osiem miliwoltów |
| 25,000V | 2,500V | Zakres przekroczony |
| Zakres 200V (JP3=0, JP4=1) - rozdzielczość 10mV (dzielnik wejściowy 1:100) | | |
| -270,00V | -2,700V | Zakres przekroczony |
| -13,50V | -1,350V | Trzynaście woltów i pięćset miliwoltów |
| 0V | 0,0000V | Zero woltów |
| 25,34V | 0,2534V | Dwadzieścia pięć woltów i trzysta czterdzieści miliwoltów |
| 50,04V | 0,5004V | Pięćdziesiąt woltów i czterdzieści miliwoltów |
| 100,00V | 1,0000V | Sto woltów |
| 104,50V | 1,0050V | Sto cztery wolty i pięćset miliwoltów |
| 195,62V | 1,9562V | Sto dziewięćdziesiąt pięć woltów i sześćset dwadzieścia miliwoltów |
| 250,00V | 2,5000V | Zakres przekroczony |
| Zakres 2000V (JP3=1, JP4=1) - rozdzielczość 100mV (dzielnik wejściowy 1:1000) | | |
| -2700,0V | -2,7000V | Zakres przekroczony |
| -1350,0V | -1,3500V | Minus tysiąc trzysta pięćdziesiąt woltów |
| 0V | 0,0000V | Zero woltów |
| 0,2V | 0,0002V | Dwieście miliwoltów |
| 5,4V | 0,0054V | Pięć woltów i czterysta miliwoltów |
| 10,6V | 0,0106V | Dziesięć woltów i sześćset miliwoltów |
| 100,5V | 0,1005V | Sto woltów i pięćset miliwoltów |
| 1956,9V | 1,9569V | Tysiąc dziewięćset pięćdziesiąt sześć woltów i dziewięćset miliwoltów |
| 2, 500V | 2,5000V | Zakres przekroczony |

„Mówiący” woltomierz

chcemy, aby wartość napięcia była wypowiedziana przez cały czas, to zworka JP2 musi być rozwarta.

Jeżeli woltomierz ma służyć do pomiaru napięcia tylko w jednym zakresie, to należy go wybrać za pomocą zworek JP3 i JP4, a na wejściu przetwornika zastosować odpowiedni dzielnik napięcia. Jeśli zakresy mają być zmieniane, to warto zastosować przełącznik, który będzie dostarczał do wejścia układu ICL7135 napięcie podzielone w odpowiednim stopniu i automatycznie zmieniał zakres pomiarowy woltomierza. Przykład takiego układu wejściowego jest przedstawiony na rys. 5. Mierzone napięcie podawane jest na dzielnik zbudowany z rezystorów R1...R4. Przełącznik S1A pozwala wybrać stopień podziału napięcia wejściowego przed podaniem na wejście przetwornika ICL7135. Dzielnik ten umożliwia podział napięcia w następującym stosunku: 1:1, 1:10, 1:100, 1:1000. Drugi sprzężony styk przełącznika S (S1B) zmienia zakres woltomierza. Styk ten ustawia zero na jednym z czterech wyjść, w zależności od wybranego zakresu. Ponieważ ustawianie zakresu pomiarowego w woltomierzu przeprowadza się za pomocą dwóch wyprowadzeń, konieczne stało się zastosowanie prostego transkodera



Rys. 5. Przykładowy sposób wykonania dzielnika wejściowego wraz z automatyczną zmianą zakresu pomiarowego wypowiedzianych komunikatów

kodu 1-z-czterech na kod binarny. Do tego celu zostały wykorzystane dwie diody D1 i D2. W ten sposób można zbudować w pełni funkcjonalny czterozakresowy woltomierz o dużej dokładności wykonywanych pomiarów.

Podczas użytkowania woltomierza należy pamiętać, aby napięcie podawane na wejście przetwornika

nie przekroczyło wartości $\pm 5V$, gdyż przekroczenie tej wartości może spowodować jego uszkodzenie.

Krzysztof Pławskiuk, AVT

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/luty03.htm> oraz na płycie CD-EP2/2003B w katalogu PCB.