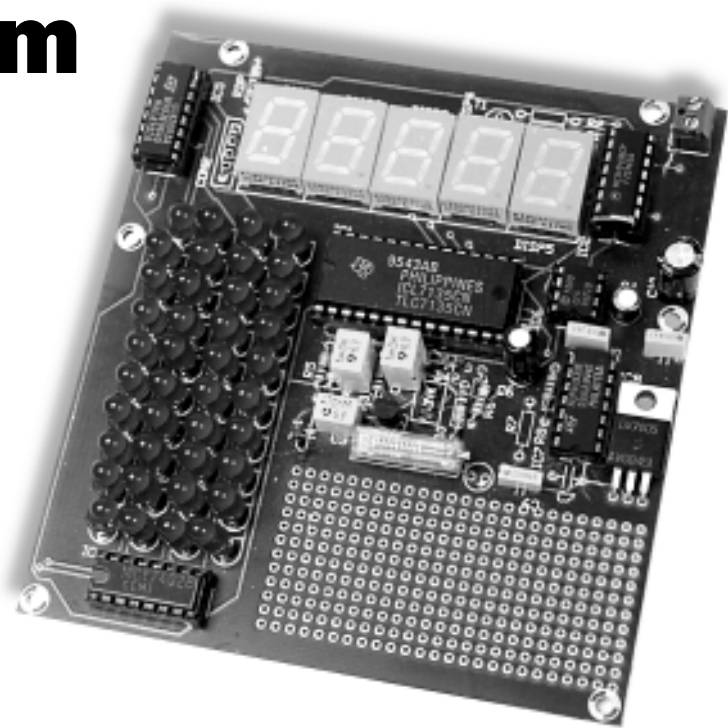


Miliwoltomierz z bargrafem

kit AVT-430

Multimetry cyfrowe są coraz częściej wyposażane w proste wskaźniki analogowe, zwane bargrafami. Przedstawiony w artykule projekt nie jest zwykłym naśladownictwem trendów obowiązujących na świecie - opracowany w naszym laboratorium przyrząd jest wyposażony aż w cztery wskaźniki analogowe, które pozwalają w bardzo precyzyjny sposób oszacować kierunek zmian mierzonego sygnału.



W Elektronice Praktycznej opisaliśmy już kilka konstrukcji woltomierzy i z zasady były to przyrządy z cyfrową prezentacją wyniku pomiaru. Fakt, cyfrowe przyrządy pomiarowe dominują obecnie na rynku, a wskazówkowe mierniki, popularne jeszcze kilka lat temu, w zasadzie wylądowały na śmietnikach lub w muzeach.

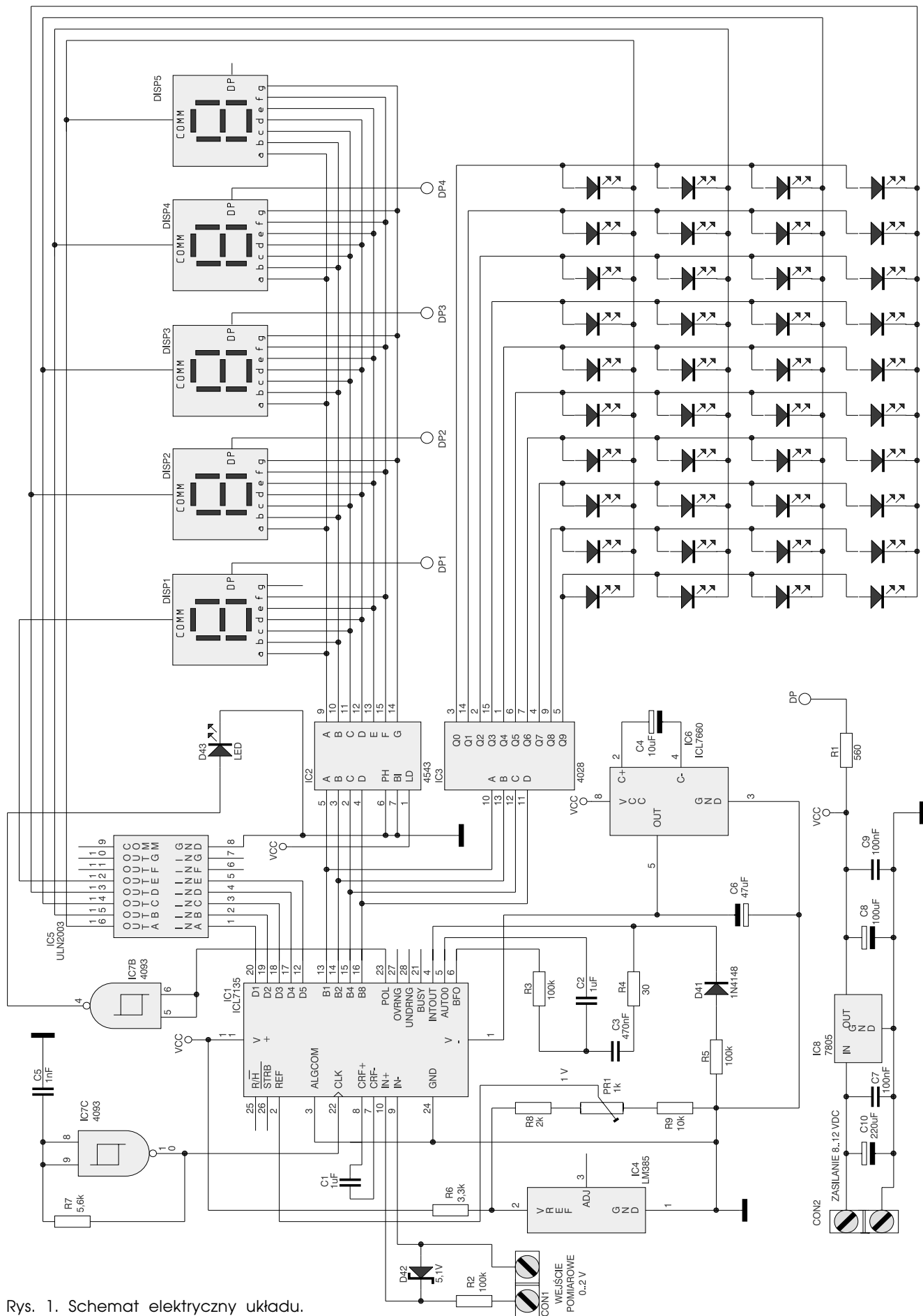
Czy jednak pomiar napięcia lub innych wartości elektrycznych za pomocą miernika cyfrowego jest zawsze wygodny? Wyobraźmy sobie, że musimy dokonać pomiaru napięcia wolnozmiennego, zmieniającego swoją wartość z częstotliwością, powiedzmy ok. 1Hz. Konia z rzędem temu, kto potrafi cokolwiek odczytać z ustawicznie migających cyferek. Natomiast wskazówka miernika analogowego może nie zawsze umożliwi dokładny pomiar takiego napięcia, ale w każdym przypadku wskaże nam kierunek jego zmian.

Najlepszym dowodem, że obrazowanie analogowe może być niekiedy użyteczne, jest wyposażanie bardziej rozbudowanych i kosztownych mierników uniwersalnych w tzw. bargraf, czyli wyświetlacz słupkowy (termometryczny). Tak więc wydaje się, że

budowa miernika wyposażonego w czytelny wyświetlacz analogowy (właściwie pseudoanalogowy) może mieć sens praktyczny.

Proponowany układ jest w zasadzie przeznaczony do dalszej rozbudowy. Jak zobaczycie, na płytce drukowanej miernika pozostawiono wolne miejsca wypełnione ścieżkami i punktami lutowniczymi. Jest to jakby płytka uniwersalna, na której można zmontować jakiś prosty układ wejściowy współpracujący z naszym przyrządem.

Pewną nowością jest natomiast rodzaj zastosowanego wyświetlacza analogowego. Nie jest to jedna linijka świetlna, jak w większości tego rodzaju mierników. Wyświetlacz został podzielony na cztery segmenty, z których każdy zawiera po 10 diod LED. W wersji podstawowej nasz miernik jest woltomierzem o zakresie pomiarowym 0..1,9999V. Pierwszy segment linijki świetlnej obrazuje w postaci analogowej dziesiąte części wolta, drugi setne i tak dalej. Ponieważ nasz przyrząd wyposażony jest także w wyświetlacz cyfrowy, świadomie pominięto wyświetlanie pojedynczych woltów. Tę wartość z łatwością można odczytać z wy-



Rys. 1. Schemat elektryczny układu.

światlacza cyfrowego, nawet przy dość szybko zmieniającym się napięciu wejściowym.

Nie bez znaczenia jest fakt, że do budowy miernika użyto wyłącznie tanich i bardzo łatwo dostępnych elementów. Także jego wykonanie nie sprawi kłopotu nawet średnio doświadczonemu konstruktorowi.

Opis działania układu

Schemat elektryczny proponowanego miernika przedstawiony został na **rys. 1**. Jak widać, sercem układu jest scalony przetwornik analogowo-cyfrowy IC1 - ICL7135. Jest to układ woltomierza 4,5 cyfry produkowany przez firmę Harris.

Czym kierowano się wybierając ten właśnie układ? Decydującym czynnikiem była pewna jego wada, niejednokrotnie uprzykrzająca życie konstruktorom, która jednak w naszym przypadku okazała się wielką zaletą. Otóż, w odróżnieniu od popularnego ICL7107, układ ICL7135 nie jest w stanie bezpośrednio sterować segmentami wyświetlacza LED. Konieczne jest stosowanie dekodera kodu BCD na kod wyświetlacza siedmiosegmentowego i driverów poszczególnych cyfr, co powoduje rozbudowanie układu miernika. Dla nas ta cecha układu ICL7135 okazała się największą zaletą: wyświetlanie pseudoanalogowe na diodach LED można zrealizować dodając do typowej aplikacji jedynie jeden element: dekodery BCD na 1 z 10!

Układ ICL7135 pracuje w trybie wyświetlania multipleksowego, co oznacza, że w danym momencie jest włączony tylko jeden wyświetlacz, który możemy obserwować dokładnie przez 1/5 czasu trwania całego cyklu wyświetlania. Tu nie ma miejsca na wyświetlacze firmy „Krzak” czy podobną tandetę. Konieczne jest zastosowanie wyświetlaczy bardzo dobrej jakości (o dużej luminancji), produkowanych przez renomowane firmy. Zastosowanie byle jakich wyświetlaczy z pewnością doprowadzi do zmniejszenia czytelności, a nawet całkowitego uniemożliwienia odczytu prezentowanych wyników pomiarów. Na szczęście wyświetlacze o potrzebnych parametrach znajdują się w ofercie AVT, a także będą dostarczane w kicie.

Układ ICL7135 został bardzo wyczerpująco opisany w biuletynie USKA UA 5/1995, dostępnym w ofercie AVT (także jako kserokopia potrzebnych stron). Tam konstruktorzy pragnący wykorzystać tę kostkę we własnych projektach znajdą absolutnie wyczerpujące informacje na jej temat (ok. 10 stron A4). My natomiast omówimy jedynie w skrócie jej parametry, dostarczając Czytelnikom tylko tyle informacji, ile jest potrzebne do zrozumienia zasady działania i możliwości wykorzystania opisywanego modułu.

Układ ICL7135 jest przetwornikiem analogowo-cyfrowym wyposażonym w multipleksowane wyjścia BCD, przeznaczonym do stosowania we wszelkiego rodzaju elektronicznej aparaturze pomiarowej. Wszystkie niezbędne do pracy miliwoltomierza elementy zostały umieszczone w jednym układzie CMOS, który do działania potrzebuje tylko kilku elementów zewnętrznych: źródła napięcia odniesienia, układu generującego sygnał zegarowy i sterownika wyświetlaczy siedmiosegmentowych.

Cechuje go duża dokładność przetwarzania, zapewniająca kompensację zera lepszą niż 10µV, dryft termiczny zera mniejszy od 1µV/°C, maksymalny wejściowy prąd polaryzacji 10pA i błąd symetrii mniejszy niż jedna jednostka. Uniwersalność układu zwiększa kilka dodatkowych wejść i wyjść, umożliwiających pracę w bardziej złożonych systemach, w tym w mikroprocesorowych. Odnosi się to do linii sygnałowych !STROBE, OVERRANGE, UNDERRANGE, RUN!/HOLD i BUSY, umożliwiających sprzężenie z układami mikroprocesorowymi lub UART.

Podstawowe dane techniczne układu ICL7135 zostały przedstawione w **tab. 1**.

W naszym układzie kostka ICL7135 została wykorzystana w najbardziej typowej aplikacji. Opis części analogowej układu na razie pominiemy, ponieważ zająłby on zbyt wiele miejsca, niewiele wnosząc do zrozumienia zasady działania woltomierza. Przyjmijmy, że producent opracowując aplikację fabryczną wiedział co robi, a wyjątkowo dociekliwych Czytelników odsyłamy do wspo-

Tabela 1.

Parametr	Min	Typ	Max
Dodatnie napięcie zasilania	+4V	+5V	+6V
Ujemne napięcie zasilania	-3V	-5V	-8V
Prąd zasilania +5V		1,1mA	3mA
Prąd zasilania -5V		0,8mA	3,0mA

mnianego już biuletynu USKA. Zajmijmy się natomiast częścią cyfrową, której opis może zainspirować wielu Czytelników do wykonania interesujących modyfikacji i rozbudowy układu miliwoltomierza. A więc po kolei:

Wyjścia D1..D5 są wyjściami sterującymi pracą wyświetlaczy LED. Na tych wyjściach pojawia się cyklicznie stan wysoki, uaktywniający kolejne wyświetlacze (na katodę danego wyświetlacza jest podawany stan niski). Każda z cyfr jest sterowana impulsem (poziom wysoki na wyjściu D1..D5), trwającym 200 okresów zegara. Wybieranie poszczególnych cyfr powtarza się, o ile nie nastąpiło przekroczenie zakresu pomiarowego. W takim przypadku układ przechodzi w tryb wyświetlania impulsowego sygnalizującego przekroczenie zakresu.

Wyjścia B1..B8 są wyjściami sterującymi dekodery BCD - kod wyświetlacza siedmiosegmentowego. Kod przeznaczony dla poszczególnych wyświetlaczy pojawia się na tych wyjściach w momencie uaktywnienia odpowiedniego wyświetlacza za pomocą jednego z wyjść D1..D5.

Wejście R!/H (RUN!/HOLD) odpowiada za wybór jednego z trybów - pomiaru lub podtrzymania wyniku pomiaru. Gdy poziom logiczny na tym wejściu jest wysoki (lub „wisi ono w powietrzu”) układ pracuje normalnie, zmieniając stan wyświetlaczy zgodnie ze zmianami napięcia na wejściu pomiarowym. Podanie na to wejście stanu niskiego powoduje zapamiętanie na wyświetlaczach ostatniego wyniku pomiaru. Jest to bardzo użyteczna funkcja pozwalająca na łatwe odczytanie pomiaru przy szybko zmieniającym się napięciu wejściowym.

Wyjścia UNDRNG (UNDERANGE) i OVRNG (OVERRANGE) realizują jedną z bardziej użytecznych cech układu ICL7135: sygnalizację przekroczenia zakresu pomiarowe-

go oraz sytuację, w której pełny zakres pomiarowy układu jest wykorzystywany tylko częściowo. Wyjścia te umożliwiają łatwą budowę mierników z automatycznym przełączaniem zakresów pomiarowych. Stan wyjścia OVRNG zmienia się na wysoki w momencie przyłożenia na wejście woltomierza napięcia większego niż 1,9999V. Natomiast pojawienie się logicznej jedynki na wyjściu UNDRNG sygnalizuje, że napięcie wejściowe stanowi 9% lub mniej zakresu pomiarowego.

Wyjście POL (POLARITY) przyjmuje stan niski w momencie doprowadzenia na wejście pomiarowe IN+ napięcia mniejszego niż występujące na wejściu IN-.

Wyjścia BUSY i STROBE są wyspecjalizowanymi wyjściami przeznaczonymi do realizacji współpracy układu ICL7135 z systemami mikroprocesorowymi i układami UART.

Wiemy już o układzie ICL7135 wystarczająco dużo, aby móc powrócić do schematu naszego milivoltomierza.

Jak już wiemy, na wyjścia B1..B4 układu ICL7135 jest wysyłany kod BCD, kolejno dla wszystkich pięciu cyfr wyświetlacza. Do tych wyjść został dołączony scalony dekod BCD - kod wyświetlacza siedmio-segmentowego IC2. Jest to typowy element, stosowany już wielokrotnie w naszych konstrukcjach i nie wymagający szerszego opisu. Wystarczy jedynie wspomnieć, że jego wejście PH zostało dołączone do masy, ustawiając układ w tryb pracy z wyświetlaczami ze wspólną katodą. Na wejściu LD także został wymuszony stan wysoki, co spowodowało, że układ stał się „przezroczysty” (wewnętrzne przerzutniki typu LATCH pozostają cały czas otwarte). Wyjścia układu IC2 zostały dołączone do połączonych ze sobą tych samych anod (segmentów) wszystkich pięciu wyświetlaczy LED.

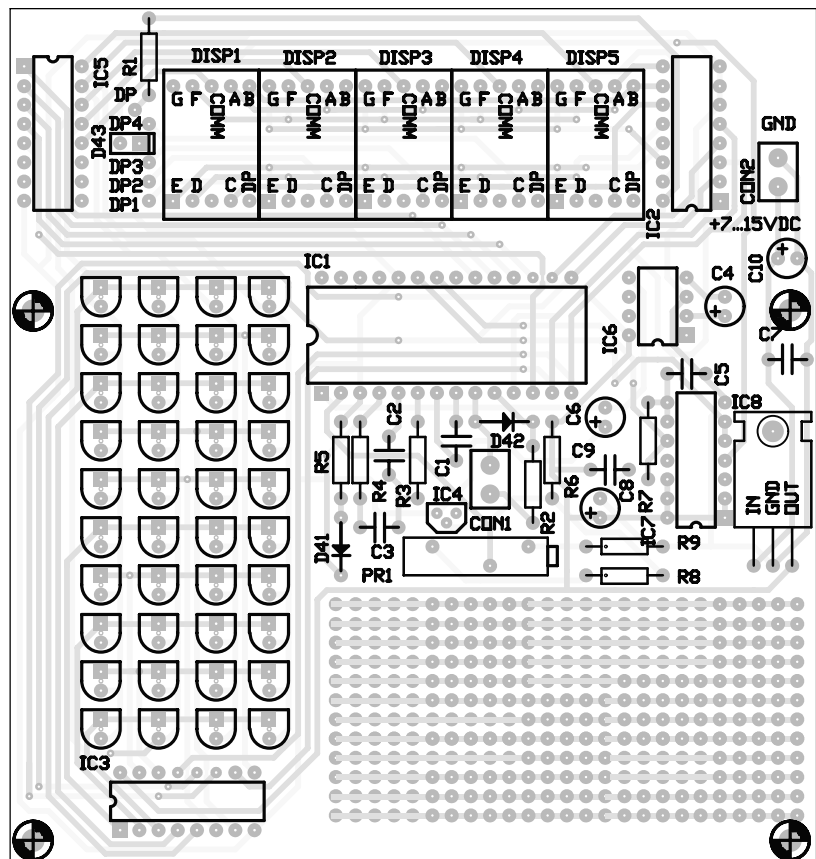
Z opisu układu ICL7135 wiemy, że na wyjściach D1..D5 pojawia się cyklicznie stan wysoki. Jeżeli na wyjściach BCD zostanie ustawiony kod właściwy dla cyfry, która powinna zostać wyświetlona na wyświetlaczu DP1, stan wysoki pojawi się na wyjściu D1, podczas wyświetlania drugiej co do wagi cyfry stan wysoki po-

wstanie na wyjściu D2, i tak dalej. Do wyjść D1..D5 IC1 zostały dołączone wejścia układu IC5, zawierającego w swej strukturze siedem tranzystorów Darlingtona wraz z rezystorami ograniczającymi prąd bazy (oraz diodami zabezpieczającymi tranzystory przed przepięciami, które jednak w naszym układzie nie są wykorzystywane). Tak więc, pomimo że anody wyświetlaczy połączone są ze sobą równolegle, uaktywniony może zostać tylko jeden z nich: ten, którego katoda została zwarta do masy za pośrednictwem wysterowanego w danym momencie inwertera układu IC5. W ten właśnie sposób uzyskujemy multipleksowane wyświetlanie wyniku pomiaru. Chociaż w danym momencie jest czynny tylko jeden wyświetlacz, to ze względu na szybkość multipleksowania oko ludzkie nie jest w stanie zauważyć nawet najmniejszego migotania.

A więc sprawę wyświetlania wyników pomiaru przez nasz układ mamy już „z głowy” i możemy zająć się kolejnymi blokami funkcjonalnymi naszego milivoltomierza. Jak wiemy z opisu kostki ICL7135, wymaga ona dostar-

czenia z zewnątrz ciągu impulsów zegarowych o częstotliwości ok. 100kHz. Sygnał zegarowy wytwarzany jest za pomocą generatora pracującego na bramce IC7C. Częstotliwość pracy tego generatora nie jest krytyczna i z wartościami elementów takimi jak na schemacie wynosi ok. 100kHz. Kolejnym elementem potrzebnym „do życia” jest zewnętrzne napięcie odniesienia wynoszące dokładnie 1000mV. Napięcie to uzyskujemy z dzielnika napięcia zrealizowanego na rezystorach R8 i R9 oraz potencjometrze montażowym PR1. Źródłem napięcia wzorcowego dla dzielnika jest układ scalony IC4, który w naszym przypadku możemy traktować jak diodę Zenera o doskonałych parametrach. Na wyjściu 2 tego układu występuje napięcie ok. 1,2V i stąd wynika konieczność zastosowania wspomnianego wyżej dzielnika napięcia.

Kolejnym warunkiem, "twardo stawianym" przez ICL7135 jest podanie na jego wejście V- napięcia ujemnego względem masy o wartości -5V. Napięcie to uzyskujemy z wyjścia scalonej przetwornicy napięcia +5VDC/-5VDC -



Rys. 2 Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej.

IC6 ICL7660. Takie rozwiązanie pozwoliło na maksymalne uproszczenie konstrukcji i zasilanie układu z pojedynczego napięcia.

Druga z bramek zawartych w strukturze układu 4093 - IC7 została wykorzystana do sygnalizacji polaryzacji napięcia wejściowego. Wystąpienie na wyjściu POL stanu niskiego wymusza stan wysoki na wyjściu tej bramki, a w konsekwencji świecenie diody LED - D43 i wyświetlenie przez nią znaku „-“ przed wyświetlaczami.

„Na deser“ pozostawiliśmy sobie omówienie najciekawszej części urządzenia: układu umożliwiającego pseudoanalogową prezentację wyników pomiaru. Do wyjść BCD IC1, równoległe z układem dekodera IC2 dołączony został drugi dekoderek - IC3. Wyjścia tego dekodera, dla którego stanem aktywnym jest „1“ zasilają anody 40 diod LED ułożonych w cztery grupy. Z kolei katody diod każdej z grup są dołączone do wyjścia scalonego drivera zasilającego także wyświetlacze siedmiosegmentowe LED. Tak więc w każdej z czterech grup w danym momencie może świecić się tylko jedna dioda, odpowiadająca cyfrze wyświetlanej na kolejnym wyświetlaczu. Ponieważ włączanie diod jest także multipleksowane, w układzie mogą być zastosowane wyłącznie diody o bardzo dobrej jakości.

Pozostała część układu miliwoltomierza nie jest już chyba warta komentarza. Stanowi ją typowy stabilizator napięcia +5VDC zbudowany z wykorzystaniem układu IC8 - 7805. Umożliwia on zasilanie układu napięciem niestabilizowanym z przedziału 8..12V. Jeżeli dysponujemy źródłem napięcia stabilizowanego +5VDC, to ten fragment układu możemy spokojnie pominąć.

Montaż i uruchomienie

Na rys. 2 została przedstawiona mozaika ścieżek płytki drukowanej oraz rozmieszczenie na niej elementów. Ze względu na dużą komplikację połączeń, zastosowany został laminat dwustronny z metalizacją otworów. Montaż wykonujemy w typowy i wielokrotnie opisywany sposób, rozpoczynając od elementów o najmniejszych gabarytach. Pod układy scalone, a w szczególności pod IC1, warto

zastosować podstawki. Zanim jednak cokolwiek wlotujemy w płytkę, musimy podjąć decyzję co do rodzaju zastosowanej obudowy. Płytkę została dokładnie zwymiarowana pod obudowę typu Z28, dostępną w wielu sklepach z częściami elektronicznymi. Można także zastosować obudowę innego typu, ale w każdym przypadku pomocne będą dodatkowe, i pozornie niczemu nie służące, otworki umieszczone na płycie pomiędzy punktami lutowniczymi diod LED i równie dziwaczne przelotki umieszczone w narożach prostokąta tworzonego przez wyświetlacze siedmiosegmentowe. Zarówno dodatkowe punkty, jak i przelotki służą jednemu celowi: dokładnemu zaznaczeniu na płycie czołowej punktów, które po rozwierceniu posłużą do umieszczenia diod LED. Obudowa Z28 posiada już odpowiedni otwór na wyświetlacze, ale jeżeli użyjemy obudowy innego typu, to poprzez otwory w dodatkowych przelotkach możemy zaznaczyć punkty, które posłużą do równego wycięcia otworu na wyświetlacz. Wszystkie punkty zaznaczamy za pomocą igły krawieckiej lub cienkiego wiertła o odpowiedniej średnicy. Nie musimy się przy tym obawiać o całość metalizacji, która w dodatkowych otworach niczemu nie służy.

Niektóre kondensatory, które musimy wlotować w płytkę są dość wysokie. Może to spowodować konieczność odsunięcia wyświetlaczy LED od powierzchni płytki, co umożliwi ich dociśnięcie do powierzchni filtru zamocowanego w płycie czołowej. W takim przypadku można zastosować pod wyświetlacze podstawki, co „podwyższy“ je o kilka milimetrów.

Układ zmontowany ze sprawdzonych elementów nie wymaga uruchamiania, ale jedynie prostej regulacji. Będzie ona polegała na ustawieniu za pomocą potencjometru montażowego PR1 napięcia na końcówce 2 IC1 równego dokładnie 1000mV (względem masy układu).

Pozostała jeszcze do omówienia rola punktów lutowniczych oznaczonych na płycie DP1..DP4 i DP. Zwarcie punktu DP z jednym z punktów DP1..DP4 pozwoli na wyświetlenie kropki punktu dziesiątego na jednym z czterech wyświetlaczy.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

PR1: 1kΩ helitrim
R1: 560Ω
R2, R3, R5: 100kΩ
R4: 30Ω
R6: 3,3kΩ
R7: 5,6kΩ
R8: 2kΩ
R9: 10kΩ

Kondensatory

C1, C2: 1μF unipolarny
C3: 470nF
C4: 10μF/16V
C5: 1nF
C6: 47μF/16V
C7, C9: 100nF
C8: 100μF/10V
C10: 220μF/16V

Półprzewodniki

D1..D40: diody LED φ5mm
D41: 1N4148 lub odpowiednik
D43: LED czerwona, prostokątna
D42: dioda Zenera 5,1V
DISP1..DISP5: wyświetlacze typu SC52-11SRWA (SC56-11SRWA) lub ścisły odpowiednik
IC1: ICL7135
IC2: 4543
IC3: 4028
IC4: LM385
IC5: ULN2003
IC6: ICL7660
IC7: 4093
IC8: 7805

Różne

CON1, CON2: ARK2(3,5 mm)

Na zakończenie jeszcze jedna, ważna uwaga praktyczna. Zastosowane w układzie źródło napięcia odniesienia typu LM385 charakteryzuje się dobrymi parametrami, ale niestety o rząd wielkości gorszymi niż wymagane przez precyzyjny woltomierz 4,5 cyfry. Dlatego też nie mamy zbyt wiele zaufania co do wiarygodności wyniku wyświetlanego na ostatniej cyfrze wyświetlacza. Zastosowanie takiego źródła napięcia odniesienia zostało podyktowane chęcią zmniejszenia kosztów wykonania układu, który w założeniu nie miał być precyzyjnym miernikiem, lecz zwykłym przyrządem pomiarowym z dodatkowym bargrafem. Jeżeli jednak ktoś będzie zależało na osiągnięciu pełnej precyzji pomiaru, to może zastosować źródło napięcia odniesienia o lepszej stabilności temperaturowej lub zastosować jego termostatowanie.

Zbigniew Raabe, AVT