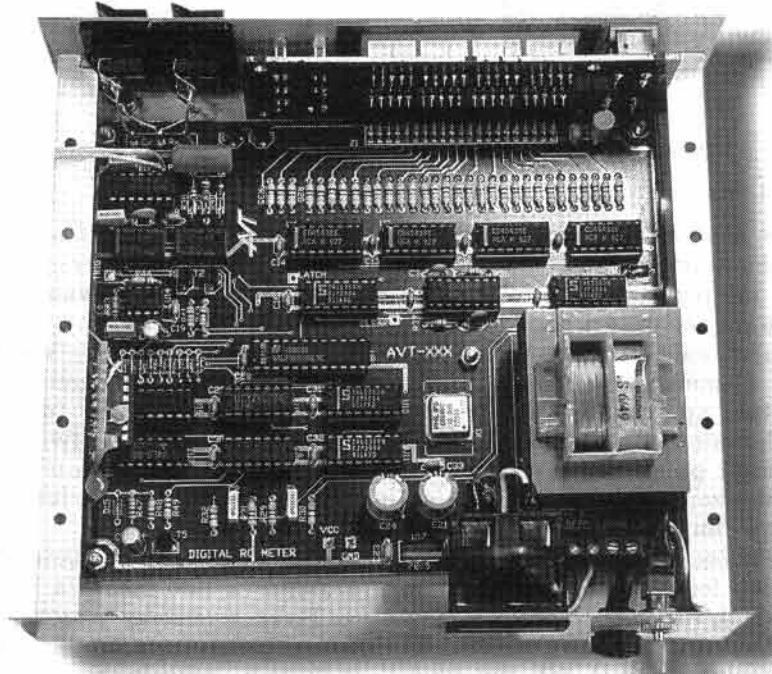


Cyfrowy miernik R i C, część 1

kit AVT-279

W pracowni każdego elektronika przyda się z pewnością przedstawiony w artykule przyrząd, dzięki któremu można szybko i dokładnie określić pojemność kondensatorów oraz zmierzyć rezystancję oporników. Tradycyjny wygląd i konstrukcja oraz proste sterowanie miernikiem powinno zachęcić wielu amatorów do samodzielnego wykonania tego urządzenia.



W epoce mikroprocesorów oraz wyrafinowanych układów wielkiej skali integracji często zapominamy o pocziwych układach serii CMOS i TTL, które u wielu konstruktorów elektroników można spotkać w domowych zakamarkach. Pamiętając o miłośnikach tradycyjnej techniki cyfrowej opartej na takich układach, pozostając jednocześnie w kręgu nowoczesnych rozwiązań przedstawiamy miernik pojemności i rezystancji, którego konstrukcja nie jest w zasadzie niczym nowym, wnosi jednak pewne nowe rozwiązania mające na celu unowocześnienie przyrządu, zlikwidowanie potrze-

by stosowania kłopotliwych przełączników mechanicznych (np., ISOSTAT) oraz zmniejszenie ilości zastosowanych układów, a co za tym idzie kosztów samego przyrządu.

Odrobina teorii

W urządzeniu do pomiaru R i C wykorzystano popularny układ timer '555, dokładniej jego mutację w postaci „kostki” '556 w której zawarte są dwa niezależne takie timery.

Układ '555 pracuje w urządzeniu jako wyzwalany generator monostabilny. Szerokość impulsu generowanego przez układ jest zależna od R i C zgodnie ze wzorem:

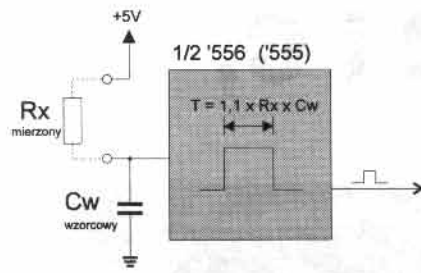
$$T = 1,1 \times R \times C.$$

Sposób pomiaru poszczególnych parametrów przedstawia rys.1.

Podczas pomiaru rezystancji mierzony opornik dołączony jest do zacisków wejściowych i wraz z wewnętrznie przyłączonym kondensatorem wzorcowym zamyka zewnętrzny obwód uniwibratora '555. W drugim przypadku zamiast kondensatora wzorcowego w obwód zostaje włączony kondensator mierzony, a rolę opornika w gałęzi pełni rezystor wzor-

Parametry techniczne

- ✓ miernik 4 cyfry + sygnalizacja zakresu pomiarowego.
- ✓ pomiar pojemności kondensatorów w zakresie: 1pF.....1mF.
- ✓ pomiar rezystancji w zakresie: 50Ω.....10MΩ (z szeregowym rezystorem od 1Ω.....10MΩ).
- ✓ zakresy pomiarowe miernika:
 - rezystancja: 1kΩ (999.9Ω), 10kΩ (9.999kΩ), 100kΩ (99.99kΩ), 1MΩ (999.9kΩ), 10MΩ (99.99MΩ)
 - pojemność: 10nF (9.999 nF), 100nF (99.99 nF), 1uF (999.9 nF), 10uF (9.999μF), 100μF (99.99μF), 1mF (999.9μF)
- ✓ całkowity maksymalny błąd pomiaru:
 - pojemności: < 2%
 - rezystancji: < 1% (w zakresie 100Ω.....1MΩ)
- ✓ częstotliwość pomiarów: automatycznie co 1,3 sek.
- ✓ sekwencyjna zmiana zakresu pomiarowego (jednym klawiszem).
- ✓ oddzielne zaciski do pomiaru pojemności i rezystancji.
- ✓ funkcja zerowania pojemności pasywnych na małych zakresach pomiaru C.
- ✓ zwarta budowa z umieszczonym na płytce zasilaczem sieciowym.



Pomiar rezystancji

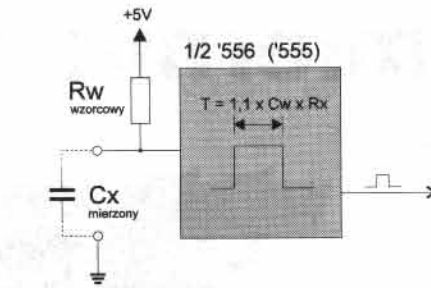
Rys. 1. Ilustracja zasady pomiaru.

cowy o określonej rezystancji. Aby wartość mierzoną (pojemność lub rezystancję) odnieść liczbowo do szerokości generowanego impulsu należy odpowiednio dobrać elementy wzorcowe.

Itak np. jeżeli chcemy aby kondensator o pojemności 220nF (2200pF) połączony wraz z rezystorem wzorcowym powodował generację impulsu o szerokości odpowiadającej liczbowo - a więc 220 lub lepiej 2200 (220,0 z przecinkiem), rezystor wzorcowy musi mieć wartość liczbową 90909... (w zaokrągleniu 9091), tak aby zgodnie ze wzorem na czas trwania impulsu ich iloczyn pomnożony przez 1,1 dał wynik równy liczbowo 2200. Przykład, niech: rezystor wzorcowy ma: 90,91kΩ mierzony kondensator: 470nF, to zgodnie ze wzorem czas impulsu wyniesie: $1,1 \times 90,91 \text{ k}\Omega \times 470 \text{ nF} = 47,00 \text{ ms}$

Podobnie sprawa ma się przy pomiarze rezystancji, kondensator wzorcowy powinien mieć wartość np. 909,1nF.

Skoro wyraziliśmy liczbowo mierzone wielkości nie pozostaje nic prostszego jak przedstawienie ich w postaci cyfrowej za pomocą



Pomiar pojemności

zwykłego miernika okresu. Za-uważmy, że wystarczy teraz wykorzystać wygenerowany w ten sposób impuls niosący liczbową informację i mierzonej wielkości, do bramkowania generatora częstotliwości wzorcowej (dla parametrów jak wyżej, $f_w=100 \text{ kHz}$) aby przy wykorzystaniu licznika dekadowego z wyświetlaczami uzyskać wynik:

$$47,00 \text{ ms} / (1/f_w) = 47,00 \text{ ms} \times f_w = 47,00 \text{ ms} \times 100 \text{ 000 1/s} = 4700$$

Teraz wystarczy jeszcze postawić przysłowiową kropkę nad „i“ w postaci przecinka za trzecią cyfra i mamy gotowy wynik w postaci cyfrowej = 470,0 (nF).

Tak właśnie mierzy nasz miernik. Przy projektowaniu urządzenia, tak przyjęto wartości elementów wzorcowych oraz częstotliwości wzorcowej, aby zminimalizować liczbę podziałów częstotliwości generatora (w układzie 4) pamiętając jednocześnie o jak najmniejszej liczbie elementów wzorcowych, które zawsze przysparzają problemów o odpowiednim dobraniem. W tabeli 1 podano poszczególne wartości dla wszystkich zakresów pomiarowych.

Jak widać do pomiaru rezys-

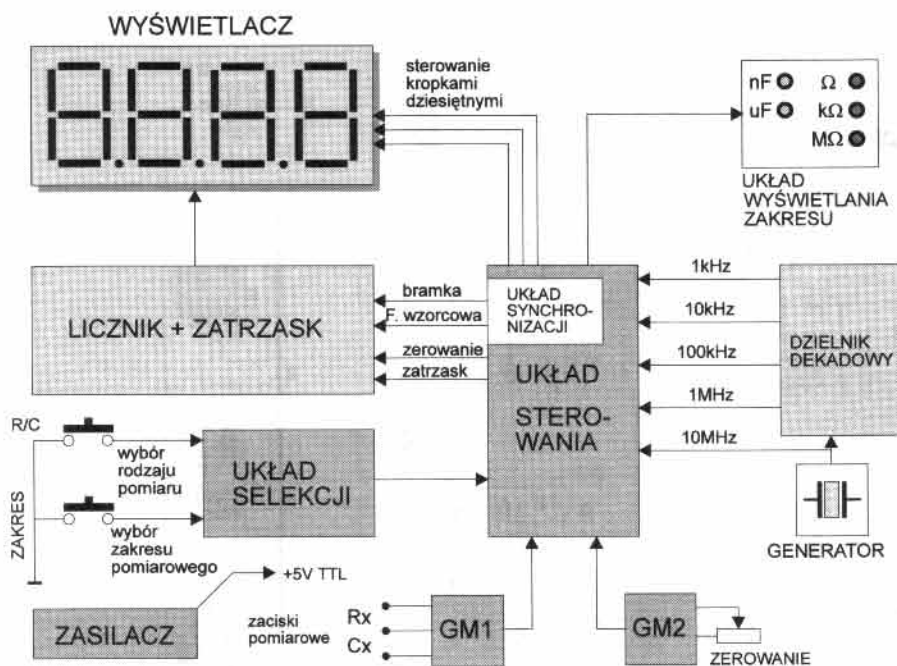
tancji na wszystkich zakresach używany jest tylko jeden kondensator, (kupno precyzyjnych kondensatorów jest niezwykle trudne), natomiast do pomiaru pojemności stosuje się trzy rezystory o wartościach jak w tabeli, które występują w handlu w szeregu E-96 (1%) oraz E-192 (0,5%) (90,91 kΩ, 9,091kΩ, 909,1Ω).

Budowa układu

Schemat blokowy urządzenia przedstawia rys.2. Zanim przejdziemy do analizy należy wspomnieć o nieprzyjemnej (w naszej konstrukcji) właściwości układu '555. Otóż podczas pomiaru pojemności przy wolnych zaciskach Cx uniwibrator generuje krótki impuls będący wynikiem występowania w układzie pojemności pasozytniczych. Dla przetestowanych wersji CMOS układu '555 czas impulsu wynosi mikrosekundy lub mniej w zależności od sposobu montażu i długości przewodów od nóżki układu scalonego do zacisków pomiarowych. Przy pomiarze pojemności rzędu pikofaradów ma to istotny wpływ na wynik pomiaru. Pojemność pasozytnicza „dodaje się“ do mierzonej, w efekcie tego wynik jest zafalszowany. Dlatego obok uniwibratora pomiarowego dodano w układzie drugi generator monostabilny z dołączonym potencjometrem kalibracji (precyzyjny potencjometr wieloobrotowy). Przedstawiony na rysunku układ sterujący „odejmuje“ oba impulsy: pomiarowy i zerowania tak aby wyeliminować ten błąd. Dokładniej zasada ta zostanie wyjaśniona w dalszej części artykułu. Jak już

Tabela 1.

Numer zakresu.U7 ZC,ZB,ZA	Zakres pomiarowy	Rozdzielczość pomiaru	F. wejściowa licznika	Pozycja dziesiętna	Jednostka miary	Wartość wzorcowa Rw	Wartość wzorcowa Cw
0	10nF	1pF	10MHz	9,999	nF	90,91kΩ	
1	100nF	10pF	1MHz	99,99	nF	90,91kΩ	
2	1μF	100pF	100kHz	999,9	nF	90,91kΩ	
3	10μF	1nF	100kHz	9,999	μF	9,091kΩ	
4	100μF	10nF	10kHz	99,99	μF	9,091kΩ	
5	1mF	100nF	10kHz	999,9	μF	909,1Ω	
0	1kΩ	0,1Ω	10MHz	999,9	Ω		909nF
1	10kΩ	1Ω	1MHz	9,999	kΩ		909nF
2	100kΩ	10Ω	100kHz	99,99	kΩ		909nF
3	1MΩ	100Ω	10kHz	999,9	kΩ		909nF
4	10MΩ	1kΩ	1kHz	9,999	MΩ		909nF



Rys. 2. Schemat blokowy miernika.

wspomniano głównym elementem jest układ sterowania. Pełni on następujące funkcje:

- odejmuje impulsy z oby uni-wibratorów tworząc w ten sposób sygnał bramkowania,
- wybiera stosownie dla danego zakresu i rodzaju pomiaru: częstotliwość generatora wzorcowego oraz elementy wzorcowe (R_w i C_w),
- steruje wyświetlaniem kropek dziesiętnych,
- steruje licznikiem i wyświetlaniem wyniku,
- synchronizuje sygnał z generatora wzorcowego z sygnałem bramkowania.

Działanie pozostałych bloków i ich funkcje prześledzimy na schemacie ideowym (rys.3).

W układzie jako źródło częstotliwości wzorcowej wykorzystano gotowy generator o częstotliwości 10 MHz, X1. Dzielnik dekadowy w którym następuje podział częstotliwości generatora składa się z liczników dziesiętnych U10a i b, U11a i b. Zamiast 7490 wykorzystano układy 74LS390, które zawierają po 2 liczniki w obudowie, co zmniejszyło ilość potrzebnych elementów oraz wymiary płytki drukowanej.

Generator pomiarowy stanowi 1/2 układu U15 ('556) - U15a, którego wejście połączone jest z zaciskami pomiarowymi złącza Z3. W zależności od rodzaju po-

miaru i zakresu pomiarowego do wejścia 1 (2) tego układu, poprzez układ przełączników PK1 i PK2 zostają dołączone elementy wzorcowe zgodnie z tabelą 1. Cewki przełączników sterowane są z układu logicznego U8 za pośrednictwem tranzystorów. W strukturze przełączników zawarte są diody zabezpieczające, co zwolniło autora od zastosowania ich na płycie drukowanej. Cztery kombinacje stanów PK1 i PK2 oraz odpowiednie ich połączenie pozwoliły na dołączenie niezbędnych elementów wzorcowych R38, R39, R40, i C5. Uważny czytelnik spostrzeże iż przy takim połączeniu podczas pomiaru do zacisków pomiarowych może być przyłączony tylko element mierzony. Nie można mierzyć np. rezystancji przy włożonym do zacisków Cx kondensatorze i odwrotnie. O tej zasadzie warto pamiętać podczas wykonywania pomiarów.

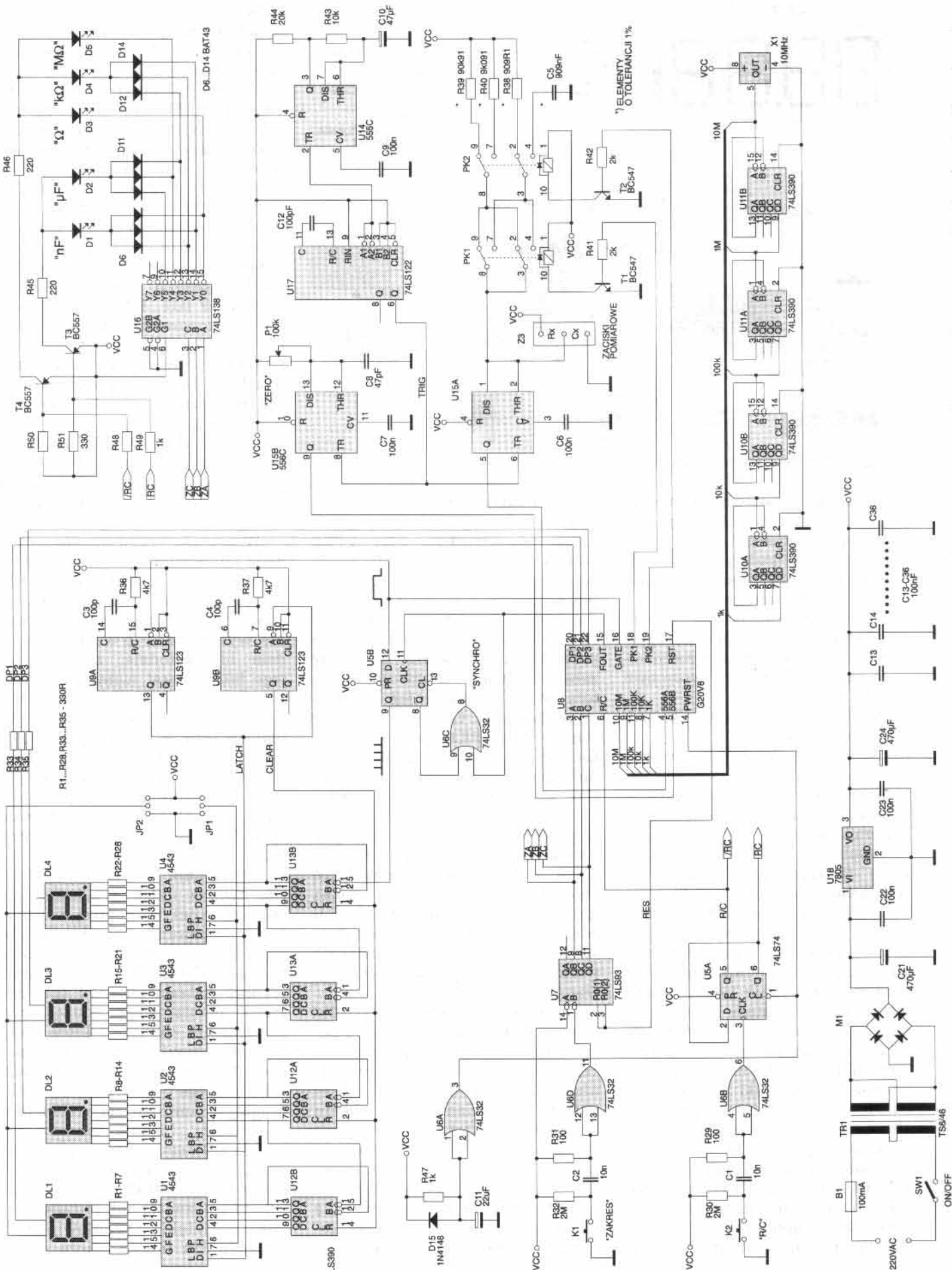
Druga część kostki U15 (U15b) wraz z elementami C7, C8 i potencjometrem P1 jest generatorem „zerowania” omówionym wcześniej. Oba uni-wibratory U15a i U15b wyzwalane są z układu U17, który jest także wyzwalanym z boczem uni-wibratorem o czasie trwania impulsu ok. 500 ns. Z kolei ten ostatni wyzwalany jest z multiwibratora zbudowanego na układzie U14, którego okres generacji wynosi ok. 1,3 sekundy.

Czas ten wyznacza jednocześnie częstotliwość pomiarów miernika. Układy U9a i U9b generują sygnały zatrzaskujące (LATCH) oraz zerowania (CLEAR) licznika wyświetlacza. Każdy z nich wytwarza impuls o czasie trwania ok. 0,5µs. Sam licznik zbudowano w oparciu o wspomniane wcześniej układy 74390 - U12a, U12b, U13a, U13b w tradycyjnym układzie połączeń. Wyjścia licznika połączone z uniwersalnymi dekoderni wyświetlaczy 7-segmentowych opartych o układy CMOS typu 4543 (U1...U4). Zrezygnowano z zastosowania układów 7447 lub 74247, ponieważ nie zawierają one w swojej strukturze zatrzasków (które eliminują okresowe wygaszanie wyniku podczas pomiarów).

Użycie układów TTL zmusiło by konstruktora do zastosowania dodatkowo między licznikami a dekoderni latch'y typu 7475 (4 szt.).

W naszym rozwiązaniu obydwie role spełnia jeden układ scalony 4543. Układ ten posiada jeszcze jedną ciekawą cechę. Umożliwia mianowicie zastosowanie wyświetlaczy o wspólnej anodzie lub katodzie, zależnie od tego jakie akurat mamy pod ręką. Do wyboru pomiędzy typem zastosowanych wyświetlaczy służy umieszczony w postaci pół lutowniczych jumper JP1, które należy odpowiednio połączyć, pamiętając także o zmianie polaryzacji wspólnych elektrod wyświetlaczy DL1...DL4 za pomocą jumpera JP2.

Przerzutnik U5b wraz z bramką U6c tworzą układ synchronizacji częstotliwości wzorcowej z sygnałem bramkowania licznika. Zasada jego działania zostanie przedstawiona w dalszej części artykułu. Wybory rodzaju pomiaru oraz zakresu pomiarowego służą dwa przełączniki chwilowe które wraz z identycznymi obwodami eliminacji drgań zestyków (R32, R31, C2 - dla jednego i R30, R29, C1 - dla drugiego) umożliwiają sterowanie miernikiem. Licznik binarny U7 jest licznikiem zakresu pomiarowego, informacja o wybranym zakresie trafia do układu logicznego U8. W zależności od rodzaju pomiaru, dzięki sygnałowi RES z układu U8 licznik zlicza do 6-



Rys. 3. Schemat elektryczny miernika.

ciu (przy pomiarze Cx - sześć zakresów pomiarowych), lub 5-ciu (przy pomiarze Rx - pięć zakresów pomiarowych).

Przerzutnik U5a pełni rolę dzielnika przez 2. Dzięki temu kolejne wciskanie klawisza K2 - R/C, powoduje naprzemienne przełączanie trybu pracy z pomiaru rezystancji na pojemność i odwrotnie.

Układ złożony z bramki U6a oraz elementów D15, R47, C11 generuje impuls zerujący układ po włączeniu zasilania, co ustawia miernik w tryb pomiaru rezystancji na najniższym zakresie pomiarowym 1k Ω . Komentarza

wymaga także układ złożony z U16 oraz przyłączonych elementów zewnętrznych wraz z diodami świecącymi LED - D1...D5. Otóż w zależności od funkcji oraz zakresu układ steruje zapaleniem jednej z 5-ciu diod świecących, informujących o aktualnych parametrach pomiaru. Ponieważ bazy tranzystorów T3 i T4 sterowane są z wyjść komplementarnych przerzutnika U5a, więc w każdej chwili aktywna jest tylko jedna sekcja diod świecących: D1, D2 lub D3, D4, D5. Sygnał o numerze zakresu pomiarowego trafia z licznika zakresu U7 (sygnały ZA,ZB,ZC) do wejść A, B, C U16, powodując

ustalenie stanu niskiego na jednym z ośmiu wyjść układu. W wyniku tego następuje zapalenie określonej diody LED. Diody D6...D14 są tak połączone aby następowało świecenie tylko jednej diody jednocześnie - właściwej dla ustawionych parametrów miernika zgodnie z tabelą 1.

Układ zasilany jest ze standardowego zasilacza stabilizowanego opartego na układzie 7805 - U18 który wraz z kondensatorami C21...C24 filtruje i stabilizuje napięcie zasilające układ na poziomie TTL.

Sławomir Surowiński, AVT