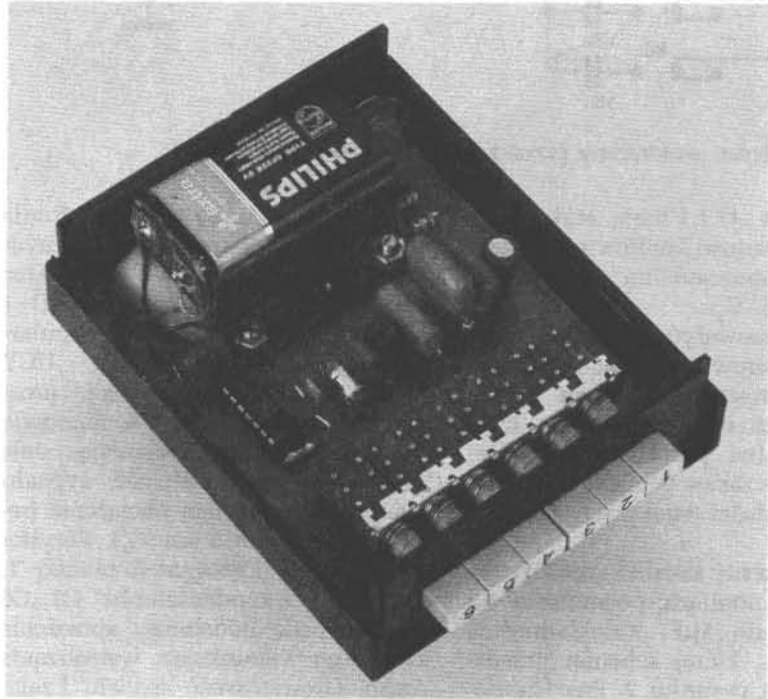


W praktyce często spotykamy się z koniecznością określenia nieznanymi wartościami pojemności kondensatorów.

Albo starły się napisy na obudowach kondensatorów podczas długotrwałego przechowywania w szufladzie, albo dokonaliśmy zakupu kondensatorów niepełnowartościowych („na wagę”), na które już wytwórca nie naniósł wartości. Jeżeli posiadamy multimetr cyfrowy z funkcją pomiaru pojemności - nie ma problemu. Jednak nie wszystkie multimetry cyfrowe wyposażone są w taką możliwość. Prostsze z nich, oraz najczęściej używane multimetry analogowe, „potrafią” z reguły mierzyć tylko prąd, napięcie i rezystancję.

Przystawka do pomiaru pojemności

kit AVT-136



Jednym ze sposobów umożliwiających określenie pojemności kondensatorów jest zbudowanie prostego układu pomiarowego przedstawionego na **rysunku 1**. W układzie należy zastosować generator sygnałowy o wyjściu sinusoidalnym lub prostokątnym oraz miernik uniwersalny wraz z sondą w.cz. (np. V640). Zamiast generatora sygnałowego można wykorzystać sygnały wzorcowe częstotliwościomierza cyfrowego (o ile wyprowadzone są na zewnątrz przyrządu).

Częstotliwość doprowadzonego sygnału należy dobrać w taki sposób, aby uzyskać wyraźną zmianę

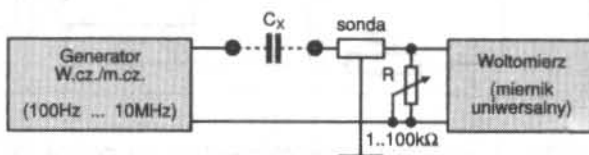
wychylenia wskazówki miernika po przyłączeniu kondensatorów o różnych pojemnościach. Dla pojemności o wartościach dziesiątek i setek pF częstotliwość sygnału w.cz. powinna zawierać się w granicach od dziesiątych części do kilku MHz. Dla kondensatorów o wartościach od pojedynczych nF do setek nF będzie potrzebny sygnał m.cz. (dziesiąte części kHz do kilkudziesięciu kHz). W przypadku kondensatorów o pojemnościach wyrażonych w μF (ale nie elektrolitycznych) można zastosować zamiast generatora nawet transformator sieciowy o napięciu wtórnym kilka - kilkanaście wol-

tów oraz pominąć sondę i podłączyć zwykły woltomierz z zakresem napięcia przemiennego. Ważne jest, aby podczas pomiarów zachować stałe wartości amplitudy i częstotliwości sygnału.

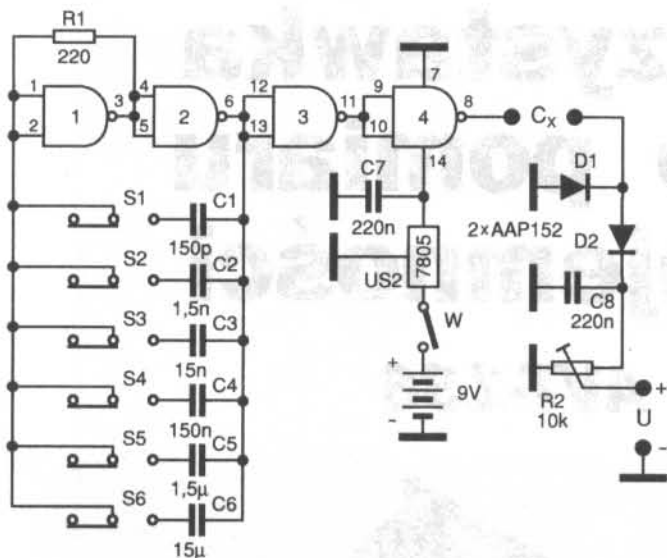
Wychylenie wskazówki przyrządu jest proporcjonalne do reaktancji kondensatora. Dodatkowym rezystorem R, pełniącym rolę kalibratora, ustala się pełne wychylenie wskazówki przyrządu dla „okrągłych” wartości pojemności.

Dla przykładu, przy korzystaniu z sygnału wzorcowego 1MHz (TTL) po dołączeniu kondensatora 100pF ustawiamy wskazówkę na wartość 1V. Mając kilka kondensatorów o dokładnie znanych wartościach pojemności (10, 20, 30... pF) możemy wyskalować przyrząd w pF. Prąd płynący przez urządzenie pomiarowe przyrządu można wyrazić wzorem:

$$I = k \cdot U \cdot f \cdot C_x$$



Rys. 1. Układ do pomiaru pojemności



Rys. 2. Schemat elektryczny przystawki do pomiaru pojemności

Jeżeli k , U i f mają stałe wartości, to wartość średnia prądu jest wprost proporcjonalna do wartości pojemności C_x .

Łatwo zauważyć, że zmianę zakresu pomiarowego można uzyskać w bardzo prosty sposób przez zmianę częstotliwości. Przez zmniejszenie częstotliwości (na przykład 10-krotnie) rozszerzamy zakres pomiaru pojemności dla wartości większych również 10 razy.

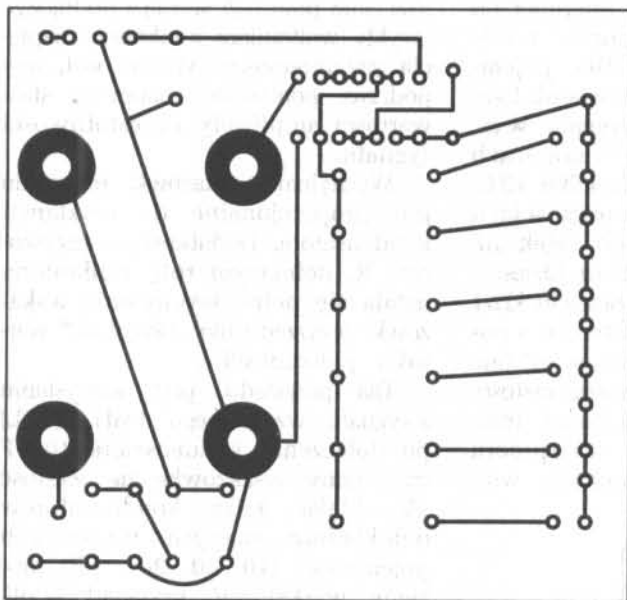
Na podobnej zasadzie działa przystawka do pomiaru pojemności od kilku pF do $1\mu\text{F}$, z dokładnością około 10%, której schemat przedstawiono na rysunku 2. Przedstawio-

ny układ składa się ze źródła napięcia o przebiegu prostokątnym i układu wskaźnika. Generator zbudowany na bramkach NAND 1 i 2, wchodzących w skład popularnego układu scalonego US1 - UCY 7400, tworzą źródło napięcia prostokątnego. Bramki 3 i 4 stanowią separator sygnału zapewniając stałą amplitudę i częstotliwość sygnału niezależnie od zmian obciążenia (reaktancji kondensatora C_x). Rezystor R1 służy do linearyzacji bramki 1, zaś jeden z kondensatorów C1...C6 zamyka pętlę dodatniego sprzężenia zwrotnego warunkując wytwarzanie drgań. Częstotliwość sygnału f zale-

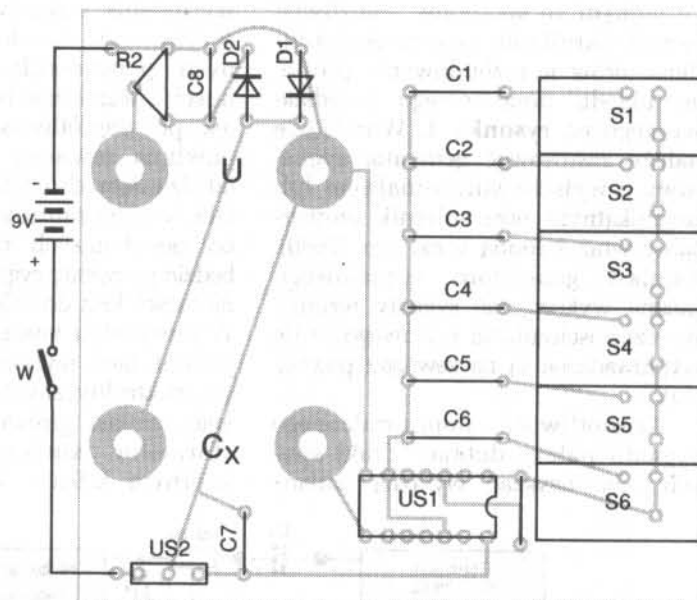
ży od wartości rezystora R1 oraz pojemności kondensatora włączonego jedną z sekcji przełącznika Isostat S1...S6. Za pomocą tego przełącznika można ustawić następujące podzakresy pomiaru pojemności:

- 1 - $C_x = 1\text{pF} \dots 10\text{pF}$ ($f = 10\text{MHz}$)
- 2 - $C_x = 10\text{pF} \dots 100\text{pF}$ ($f = 1\text{MHz}$)
- 3 - $C_x = 100\text{pF} \dots 1\text{nF}$ ($f = 100\text{kHz}$)
- 4 - $C_x = 1\text{nF} \dots 10\text{nF}$ ($f = 10\text{kHz}$)
- 5 - $C_x = 10\text{nF} \dots 100\text{nF}$ ($f = 1\text{kHz}$)
- 6 - $C_x = 100\text{nF} \dots 1\mu\text{F}$ ($f = 100\text{Hz}$)

Impulsy prostokątne, przechodzące przez mierzony kondensator C_x , zostają zamienione w integratorze na wartość prądu stałego, którą wskazuje przyrząd dołączony do zacisków U. Podczas pierwszego ujemnego półokresu sygnału wyjściowego generatora kondensator C_x jest ładowany, poprzez diodę D1, do wartości szczytowej U_m . Podczas kolejnego dodatniego półokresu następuje ładowanie kondensatora C8 do wartości równej w przybliżeniu sumie napięć na kondensatorze C_x i U_m . Z tego względu napięcie na kondensatorze C8 ma dwukrotnie większą wartość niż na C_x . Rezystor nastawny R2 służy do kalibracji układu i jego ustawienia należy dokonać indywidualnie w zależności od zakresu i czułości ustroju pomiarowego. Do zacisków U można przyłączyć zarówno woltmierz o zakresie 0,1V jak i bezpośrednio mikroamperomierz o zakresie $100\mu\text{A}$. Należy wiedzieć, że im większa jest rezystancja wejściowa dołączonego



Rys. 3. Mozaika ścieżek płytki drukowanej przystawki do pomiaru pojemności



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej przystawki do pomiaru pojemności

przrządu, tym bardziej liniowa jest skala pojemności. Duży wpływ na dokładność pomiarów ma wartość napięcia zasilania układu US1. Z tego też względu zastosowano dodatkowy stabilizator scalony US2 (7805) zasilany napięciem 9V (6F22). Można również wyprowadzić zaciski do bezpośredniego zasilania napięciem 5V.

Cały układ przystawki zmontowano na płytce drukowanej przedstawionej na **rysunku 3**. Rozmieszczenie elementów na tej płytce pokazuje **rysunek 4**. Do płytki przykręcono bezpośrednio zaciski laboratoryjne służące do podłączenia mierzonego kondensatora C_x oraz przyrządu U.

Po zmontowaniu układu należy najpierw skontrolować częstotliwość sygnału generatora na zaciskach C_x za pomocą częstotliciemierza cyfrowego. Wartość częstotliwości zależy przede wszystkim od dokładności kondensatorów C1...C8. Z tego względu, mając kilka kondensatorów oznaczonych tą samą wartością pojemności, należy wybrać spośród nich taki, aby uzyskać wymaganą wartość częstotliwości. Na zakresie 1 okazuje się, że pojemność kondensatora z reguły powinna być mniejsza od 150pF, bo duży wpływ na uzyskanie wymaganej częstotliwości 10MHz ma dodatkowa pojemność montażowa (dochodząca nieraz do 30pF). Z kolei na zakresie 6 może okazać się, że częstotliwość 100Hz uzyskamy wstawiając kondensator elektrolityczny (tantalowy) o wartości 10 μ F. Nowe kondensatory tego typu przeważnie mają większą pojemność, nawet o +50%. Można również uzyskać potrzebną wartość pojemności łącząc kondensatory równolegle. Na przykład w rozwiązaniu modelowym wartość 1,5 μ F uzyskano łącząc równolegle kondensatory 1 μ F i 0,47 μ F.

Po uzyskaniu właściwych wartości częstotliwości na wszystkich podzakresach 1...6 pozostaje już tylko dokonać kalibracji przystawki. W tym celu do zacisków C_x podłączamy wzorcowy kondensator o jednej z wartości krańcowych, czyli 10pF, 100pF, 1nF, 10nF, 100nF czy 1 μ F, a do zacisków U dowolny posiadany przyrząd. Wciskamy właściwy przycisk przełącznika S1...S6 (na przykład dla kondensatora 100pF - przycisk „2”) i tak ustawiamy suwak potencjometru R2 oraz podzakres przyrządu aby uzyskać maksymalne wychylenie wskazówki. Jeżeli

przystawka będzie wykorzystywana tylko z jednym określonym przyrządem, to można nanieść na jego skali wartości pojemności. Do tej operacji dobrze jest wykorzystać kilka kondensatorów (co najmniej 10) o jak największej dokładności. W praktyce okazuje się, że wystarczy nanieść skalę tylko na jednym podzakresie, ponieważ ze względu na swój liniowy charakter będzie ona słuszna również na pozostałych podzakresach, z dokładnością często lepszą niż 10%. Dokładność pomiaru, jak podawaliśmy, zależy od naszej staranności w doborze częstotliwości, czyli krótko mówiąc - zrobmy to raz a dobrze!

W jednym z kolejnych artykułów przedstawimy przystawkę do pomiaru indukcyjności, która z pewnością przyda się wszystkim konstruktorom układów w.c.z., a w szczególności krótkofalowcom.

Andrzej Janeczek, SP5AHT

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 220 Ω

R2: 10k Ω (potencjometr montażowy)

Kondensatory

C1: 150pF

C2: 1,5nF

C3: 15nF

C4: 150nF

C5: 1,5 μ F

C6: 15 μ F (dobry tantalowy)

C7, C8: 220nF

Półprzewodniki

US1: UCY7400

US2: 7805

D1, D2: AAP152 (lub inne diody germanowe)

Inne

B: bateria 9V (6F22)

S1...S6: przełączniki 1sostat (sześć pojedynczych przełączników zależnych)

CX, U: 4 zaciski laboratoryjne

W: wyłącznik jednopozycyjny