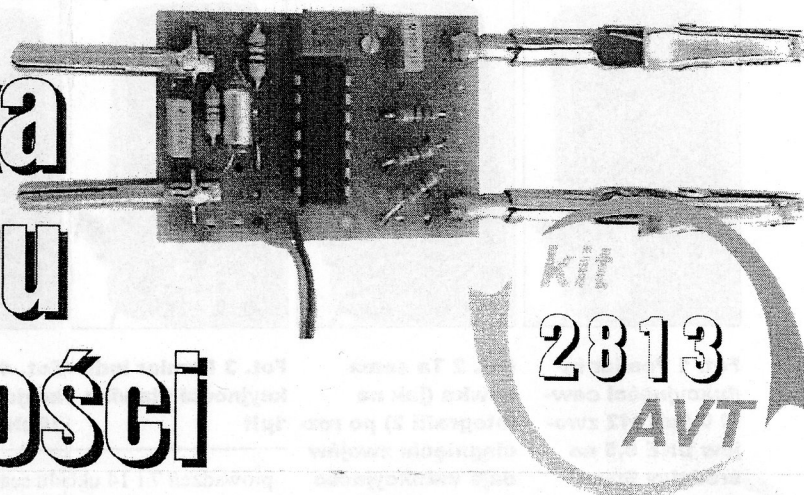


# Przystawka do pomiaru indukcyjności



## Do czego to służy?

Z koniecznością pomiaru indukcyjności cewek spotkać się można głównie podczas montażu układu radiowego. Nie bez powodów mniej doświadczeni konstruktorzy wolą stosować gotowe elementy fabryczne w postaci np. łatwo dostępnych i tanich dławików, wyglądem przypominających rezystory. W praktyce nie zawsze da się użyć gotowych indukcyjności, a i z tymi fabrycznymi także bywają kłopoty np. w przypadku nieczytelnych oznaczeń. W przypadku cewek wykonywanych własnoręcznie z reguły nie uda się na 100% zachować parametrów nawojowych (liczba zwojów, długość i średnica nawinięcia, parametry rdzenia...). Jednym słowem, zarówno elementy fabryczne, jak własnoręcznie nawijane, powinny być przed montażem sprawdzone. Niestety dostępne w handlu mierniki są dość drogie i nie zawsze spełniają nasze oczekiwania, zwłaszcza jeśli brać pod uwagę np. oferowany zakres pomiarowy. Większość spotykanych w handlu multimetrów wyposażonych w podzakres „L” mierzy z zadowalającą dokładnością indukcyjności o wartościach powyżej 10μH. Tymczasem podczas konstruowania układów krótkofalarskich właśnie gros pomiarów wykonuje się poniżej wartości 10μH.

W literaturze oraz na stronach internetowych można znaleźć schematy i opisy wykonania układów mikroprocesorowych LC,

ale są to nadal układy drogie i nietatwe w odwzorowaniu. Z tego też względu do pomiarów indukcyjności cewek w warunkach amatorskich proponujemy wykonać specjalną przystawkę dołączaną do posiadanego miliwoltomierza. Przy wykorzystaniu typowego multimetru cyfrowego o rezystancji wejściowej rzędu 10MΩ można uzyskać zadowalający pomiar indukcyjności cewek w zakresie od 500nH do 50μH.

## Jak to działa?

Opisywana przystawka jest zbudowana na sześciu inwerterach Schmitta, wchodzących w skład układu scalonego 74HCT14. Schemat ideowy układu został przedstawiony na rysunku 1. Pierwszy inwerter z elementami R1, R2 i C1 tworzy generator fali prostokątnej. Wartość rezystora R1 została tak dobrana, aby częstotliwość generatora wynosiła około 128kHz. Z danych katalogowych zastosowanego układu wynika, że częstotliwość wyjściową można wyliczyć ze wzoru:  $f=1/0,67RC$  (dla układów HC należy zwiększyć stałą liczbą do 0,8), gdzie R w naszym przypadku jest sumą wartości R1 i R2.

Kolejne trzy inwertery stanowią wzmacniacz separator formujący sygnał z generatora. Indukcyjność mierzona Lx jest zasilana poprzez rezystory R3, R4 i R4. Po przejściu przez tak powstały układ różniczkujący sygnał o przebiegu piłokształtnym jest skierowa-

ny na piąty inwerter układu (dopiero tutaj jest wykorzystywana właściwość układu Schmitta). Przełączenie inwertera 74HCT14 następuje z chwilą przekroczenia poziomu wejściowego 1,8V (zmiana sygnału z 0 na 1) i przy 3V (przy zmianie sygnału z 1 na 0). Ostatni inwerter odwraca fazę sygnału wyjściowego.

Czas trwania jedynie logicznej na wyjściu jest wprost proporcjonalny do stałej czasowej  $t=Lx/R$  (w naszym przypadku R jest wypadkową równoległego połączenia R3, R4 i R5). Impulsy wyjściowe po przejściu przez układ całkujący R6 C3 są kierowane do zacisków miliwoltomierza. Wartości elementów w przedstawionym układzie zostały tak dobrane, aby można było mierzyć indukcyjności cewek z przedziału 0,5..50μH ze stałą przetwarzania 10mV/1μH. Indukcyjności 0,5μH odpowiada napięcie wyjściowe 5mV i odpowiednio 50μH-500mV.

W podanym zakresie mierzonej indukcyjności układ pracuje prawie liniowo. W przypadku bezpośredniego zwarcia zacisków Lx napięcie wyjściowe jest zbliżone do zera, a przy rozwarciu wynosi około 3,65V (ponad połowę wartości napięcia zasilania).

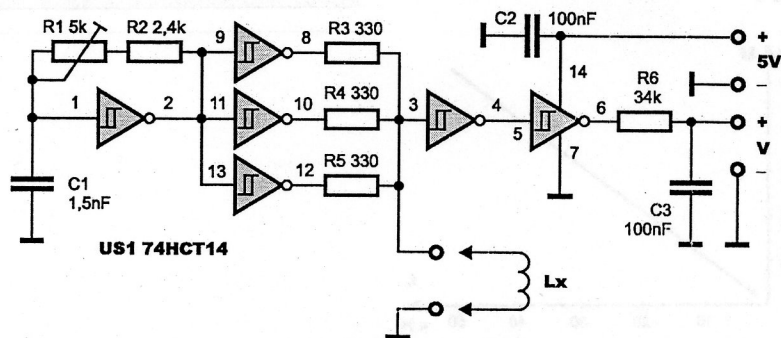
Układ jest zasilany napięciem 5V pochodzącym z warsztatowego zasilacza stabilizowanego.

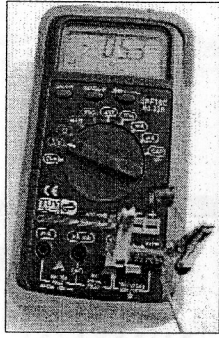
## Montaż i uruchomienie

Układ modelowy został zmontowany na płycie uniwersalnej o wymiarach 32x46mm. Niezbędne połączenia elementów RC do wyprowadzeń układu scalonego dokonane zostały od strony ścieżek za pomocą odcinków przewodu montażowego w izolacji. Dostępna w kicie AVT-2813 płytka drukowana przedstawiona została na rysunku 2.

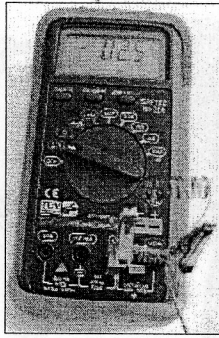
W celu łatwego podłączenia multimetru oraz mierzonej indukcyjności zastosowano w układzie modelowym cztery wtyki bananowe (można także użyć mosiężnych prętów o średnicy 4mm i długości około 25mm naciętych z obydwu stron brzeszczotem do metalu: jedna strona musi wchodzić w płytkę drukowaną a druga „sprężynująca” – w gniazdo

Rys. 1 Schemat ideowy

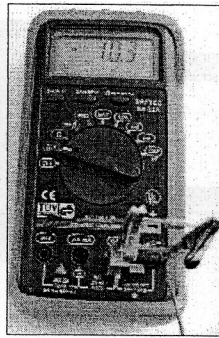




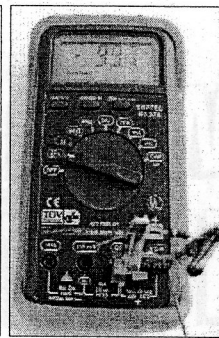
**Fot. 1** Pomiar indukcyjności cewki 0,5μH (12 zwojów DNE 0,5 na średnicy 6mm; zwoje ściśnięte)



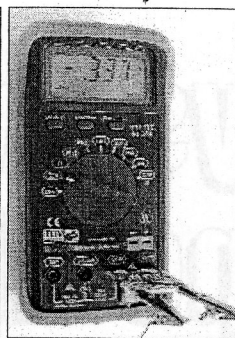
**Fot. 2** Ta sama cewka (jak na fotografii 2) po rozciągnięciu zwojów daje indukcyjność 0,25μH (dolna granica pomiaru indukcyjności; wartość może być obciążona znacznym błędem)



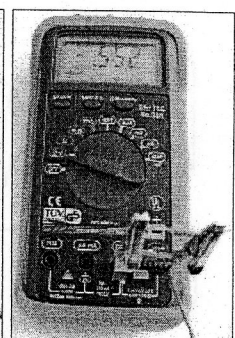
**Fot. 3** Pomiar indukcyjności dławika 1μH



**Fot. 4** Pomiar indukcyjności dławika 10μH



**Fot. 5** Pomiar indukcyjności dławika 33μH

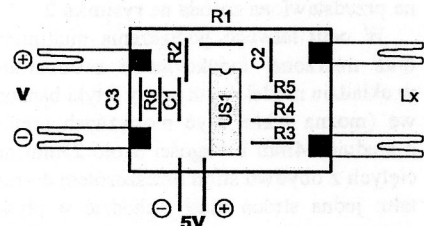
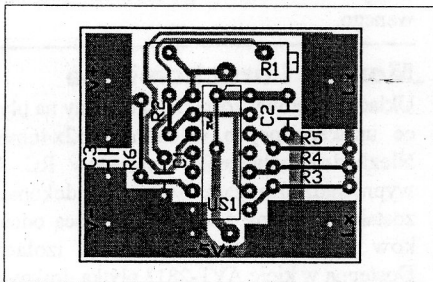


**Fot. 6** Pomiar indukcyjności dławika 56μH (górna granica pomiaru indukcyjności; wartość może być obciążona znacznym błędem)

multimetru). Podczas lutowania należy zachować znormalizowany rozstaw wyprowadzeń 20mm (typowa odległość bolców we wtykach pomiarowych „V”). Aby uniemożliwić pomyłkę, druga para wtyków pomiarowych „Lx” do połączenia zacisków „krokodylowych” może być zamontowana nieco szerzej niż wyjście woltomierza. Należy także pamiętać, aby doprowadzenia do zacisków pomiarowych wykonać grubym przewodem, najlepiej drutem srebrzonym CuAg1 po najkrótszej drodze (zminimalizować dodatkowe indukcyjności na doprowadzeniach). Jeżeli układ będzie zasilany z innego źródła, np. z baterii 9V, tego samej zasilającej multimetr, należy na płytce wmontować dodatkowy stabilizator 5V w postaci układu 7805.

Dokładność pomiaru zależy między innymi od stabilności i wartości napięcia zasilania i dlatego należy w pierwszej kolejności zadbać o zasilanie układu doprowadzone do wy-

**Rys. 2** Schemat montażowy



prowadzeń 7 i 14 układu scalonego.

Po upewnieniu się, że zasilanie jest prawidłowe, pozostanie już tylko wykalibrowanie przystawki. Oczywiście kalibracji należy dokonać po podłączeniu przystawki do multimetru ustawionego na najmniejszy mierzony zakres (zależy od przyrządu, ale przeważnie będzie to zakres 200mV/DC).

Do zacisków Lx należy podłączyć wzorcową indukcyjność np. 10μH i tak ustawić częstotliwość generatora za pomocą pokrętki potencjometru R1, aby uzyskać prawidłowe wskazania wartości napięcia (mierzonej wartości indukcyjności 10μH odpowiada napięcie 100mV). Dobrze jest porównać poprawność wskazań z kilkoma znanymi cewkami, pamiętając o podzieleniu wskazań multimetru przez 10 (10mV/1μH). Zależność wskazań multimetru od mierzonej indukcyjności pokazuje rysunek 3 (po aproksymacji; największe błędy pomiarowe będą w początkowym i końcowym zakresie).

W przypadku kłopotów z uzyskaniem prawidłowych wskazań należy zmienić wartości RC w obwodzie generatora. Elementy te powinny być bardzo dobrej jakości, bowiem od ich stabilności zależą późniejsze wyniki pomiarów (najlepiej gdyby był kondensator C1 z zerowym współczynnikiem temperaturowym, a potencjometr R1 wielozwojowy typu helitrim).

Skalibrowany układ należy zamknąć w obudowie plastikowej np. w opakowaniu

po drażetkach Tik-Tak.

Na zakończenie warto dodać, że gdyby ktoś chciał zwiększyć zakres pomiarowy miernika, to może spróbować zamontować przełącznik do zmiany częstotliwości generatora (przełączać wartości R1/R2 ewentualnie C1) i wtedy dobrać inny przelicznik mV/μH.

W każdym razie opisany układ autor od kilkunastu lat wykorzystuje z pozytywnym rezultatem podczas konstruowania doświadczalnych układów nadawczo-odbiorczych.

Kolejne fotografie obrazują pomiary różnych wartości indukcyjności.

Andrzej Janeczek

**Wykaz elementów**

R1	5kΩ helitrim
R2	2,4kΩ
R3-R5	330Ω
R6	34kΩ
C1	1,5nF
C2,C3	100nF
US1	74HCT14
Wtyki bananowe	4 szt.
Zaciski „krokodylowe”	2 szt.

Komplet podzespołów z płytka jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2813.

**Rys. 3**

