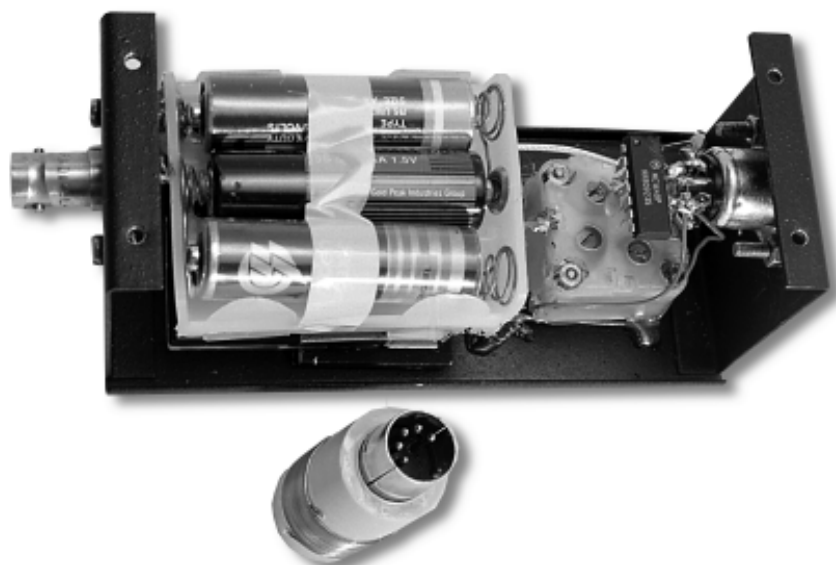


Falomierz - generator w.cz.

kit AVT-348



Przyrząd o takiej nazwie był już opisywany w EP 12/93 (kit AVT-124).

W urządzeniu zastosowano krajowy układ scalony UL1202 produkowany przed kilkunastu laty przez nie istniejące już zakłady CEMI.

Z uwagi na trudności z nabyciem tych układów scalonych kit został wycofany z oferty handlowej AVT.

Proponujemy więc inną, znacznie doskonalszą jego wersję, wykonaną w oparciu o nowoczesny układ firmy Motorola.

Kilka typów przyrządów o podobnych właściwościach (najpierw lampowe - GDO, a następnie tranzystorowe - TDO) było produkowanych przez Zakłady Radiotechnika we Wrocławiu. Obecnie spotyka się w nielicznych ofertach handlowych firm zagranicznych przyrząd TDO, ale jego cena nie zachęca do zakupu.

Ze względu na bardzo prostą konstrukcję i szereg użytecznych właściwości urządzenia warto wrócić do tematu i przybliżyć Czytelnikom EP konstrukcję bardziej nowoczesnego układu TDO wykonanego na układzie scalonym typu MC1648 firmy Motorola.

Na wstępie warto przypomnieć, szczególnie początkującym radioamatorom, czym jest i do czego można wykorzystać taki przyrząd.

Nazwa TDO to skrót od angielskiej nazwy Trans-Dip-Oscillator. Jest to odpowiednik urządzenia lampowego o nazwie GDO (ang. Grid-Dip-Oscylator). Ponieważ nikt do tej pory nie wymyślił nazwy dla takich przyrządów wykonanych na układach scalonych, pozostaniemy przy nazwie TDO.

TDO w pracowni elektronika - radioamatora powinien zajmować drugie miejsce po mierniku uniwersalnym. Obok podręcznego źródła sygnału w.cz. przyrząd pozwala określić m.in. częstotliwość rezonansową obwodu LC. W roli falomierza za jego pośrednictwem

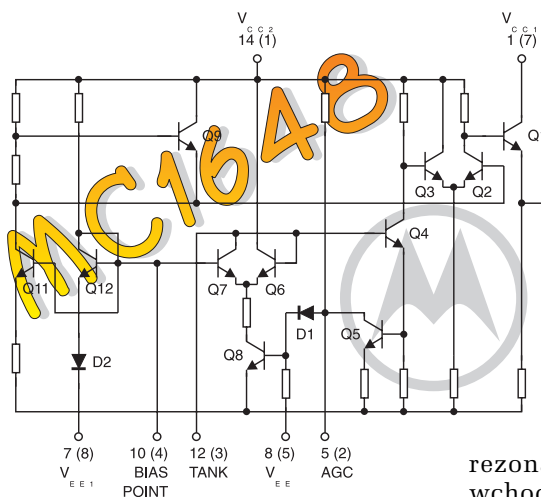
można określić - z pewnym przybliżeniem - częstotliwość sygnału w.cz., zaś w funkcji generatora układ jest źródłem niemodulowanego sygnału w.cz. To tylko najważniejsze właściwości tego wszechstronnego przyrządu (więcej możliwości zastosowania TDO - na końcu opisu). W każdym razie może on zastąpić kilka drogich przyrządów pomiarowych wszędzie tam, gdzie nie zależy nam na dużych dokładnościach pomiaru, a więc podczas wstępnego strojenia czy konstruowania urządzeń nadawczo - odbiorczych, czyli tam, gdzie występują cewki dla szerokiego zakresu częstotliwości, od fal długich do ultrakrótkich. Zakres pomiarowy zależy od liczby cewek, zaś dokładność pomiarów od precyzji naniesienia skali oraz od wprawy użytkownika.

Aby uprościć układ elektryczny do maksimum, w urządzeniu zastosowano w zasadzie jedyny dostępny w handlu układ scalony typu MC1648 firmy Motorola, którego odpowiednikiem jest układ typu SP1648 firmy Plessey. Są to układy generacyjne, przeznaczone do układów VCO (Voltage Controlled Oscillator), w których częstotliwość jest wymuszona poprzez zewnętrzny obwód rezonansowy LC.

Schemat elektryczny zastosowanego układu scalonego MC1648 przedstawiono na rys. 1. Zamiesz-

Tabela 1. Podstawowe parametry układu scalonego MC1648.

- ✓ napięcie zasilania: 5V (4,5..5,5V),
- ✓ typowa moc strat: 150mW,
- ✓ pojemność wejściowa: 6pF,
- ✓ maksymalna częstotliwość pracy: 225MHz,
- ✓ napięcie sygnału wyjściowego: 400mVpp (wyjście 3).



Rys. 1. Budowa układu MC1648.

czone na rysunku numery wyprowadzeń odpowiadają obudowie standardowej o 14 wyprowadzeniach (wersja najczęściej występująca w handlu). Spotyka się również ten układ przystosowany do montażu powierzchniowego w obudowie 8 i 20-nóżkowej. W nawiasach podano numery wyprowadzeń najnowszego układu scalonego o symbolu MC12148, który może pracować aż do 1GHz.

Zasadniczy generator (oscylator) w każdym z wymienionych układów tworzą dwa tranzystory o oznaczeniach Q6 i Q7. Takie połączenie elektrod tranzystorów zapewnia dodatnie sprzężenie zwrotne, niezbędne do wzbudzenia oscylatora. Układ charakteryzuje się stabilną pracą i wyrównanym poziomem sygnału w.cz. w bardzo szerokim zakresie częstotliwości. Tranzystory Q1..Q4 tworzą wzmacniacz - separator sygnału wyjściowego generatora, zaś pozostałe tranzystory pracują w układach stabilizacji punktów pracy tranzystorów generatora. Częstotliwość wyjściowa na wyprowadzeniu 3 (lub 1 - po dołączeniu rezystora obciążenia) jest uzależniona od częstotliwości rezonansowej równoległego obwodu rezonansowego LC dołączonego do wyprowadzeń 10 i 12 układu scalonego. Wyprowadzenie 5 układu scalonego przewidziano do regulacji poziomu napięcia wyjściowego w.cz. (AGC).

Schemat elektryczny modelowego układu TDO przedstawiono na rys. 2. Składa się on z szerokopasmowego generatora w.cz. na układzie scalonym US1 (MC1648) oraz wskaźnika napięcia w.cz. składającego się z diodowego wskaźnika napięcia i mikroamperomierza wychyłowego.

Ważnym elementem TDO jest strojony obwód rezonansowy, w skład którego wchodzi nieekranowana cewka L umieszczona na zewnątrz obudowy oraz kondensator obrotowy C1 zaopatrzony w podziałkę częstotliwości. Wykorzystano tu kondensator w obudowie plastikowej o pojemności około 200pF.

Napięcie w.cz. z obwodu rezonansowego jest prostowane w układzie podwójacza na-

dotatkowe uzwojenie sprzęgające (link). Do wyjścia 3, za pośrednictwem gniazda BNC, można dołączać cyfrowy miernik częstotliwości i wówczas skalę na osi kondensatora można traktować jako orientacyjną. Do zasilania przyrządu można wykorzystać 3 ogniwa R6 o łącznym napięciu 4,5V, choć wskazane byłoby zastosowanie napięcia np. 9V i stabilizatora 5V.

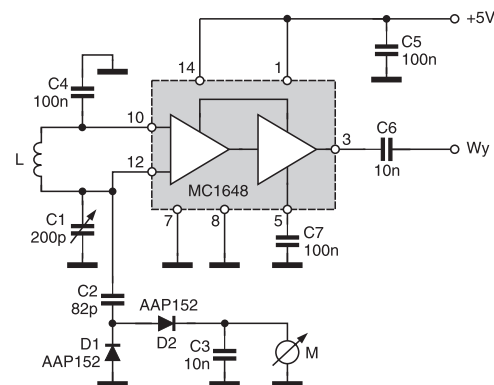
Przy włączonym napięciu zasilania TDO, nie ekranowana cewka L promieniuje energię w.cz. o ustalonej częstotliwości f. Jeżeli obwód rezonansowy z cewką L zostanie sprzęgnięty z innym obwodem o identycznej częstotliwości rezonansowej, wskazówka miernika wskaże gwałtowny spadek wartości (tak zwany „dip“). Fakt ten tłumaczy się tym, że przy zgodności obydwu częstotliwości badany obwód pobiera część energii z obwodu generatora powodując zmniejszenie amplitudy sygnału.

Jeżeli generator nie jest zasilany, układ działa jako falomierz absorpcyjny. Przy zgodności obu częstotliwości (mierzonego obwodu LC generującego energię w.cz. i obwodu z cewką L) wskazówka miernika będzie wskazywała wartość maksymalną.

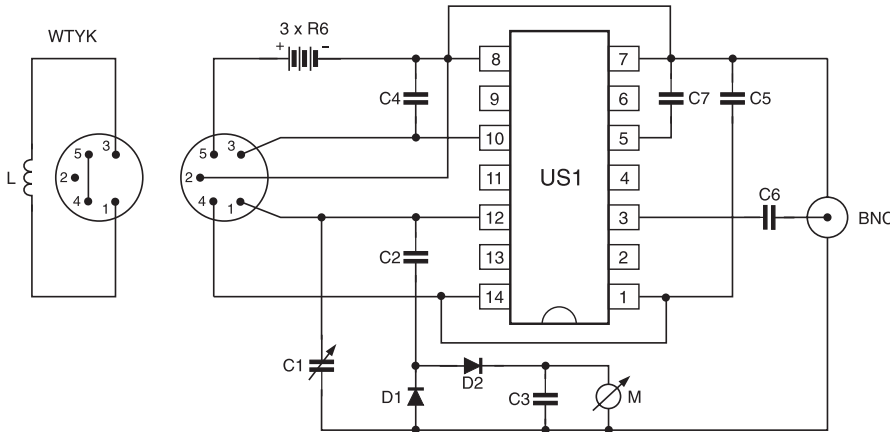
Układ elektryczny można zmontować na małej uniwersalnej płytce drukowanej znajdującej się w zestawie. Układ modelowy zmontowano przestrzennie bez płytki, bezpośrednio w obudowie metalowej (schemat montażowy na rys.3). Wyprowadzenia 10 i 12 układu scalonego przylutowano



pięcia z diodami germanowymi D1, D2 typu AAP 120 i steruje bezpośrednio cewkę mikroamperomierza o zakresie 200µA. Oczywiście można za pośrednictwem dodatkowego gniazda dołączać miernik uniwersalny, lecz wydaje się, że zastosowanie wewnętrznego wskaźnika czyni przyrząd wygodniejszym w użyciu. Wyrównany poziom napięcia w szerokim zakresie zmian kondensatora C1 umożliwił rezygnację z potencjometru, a wychylenie wskazówki miernika na koło 3/4 skali uzyskano poprzez dobór wartości kondensatora sprzęgającego C2. Sygnał w.cz. można odbierać bezpośrednio z wyjścia 3 lub z cewki L poprzez



Rys. 2. Schemat elektryczny falomierza.



Rys. 3. Schemat montażowy układu.

bezpośrednio do wyprowadzeń 1 i 3 gniazda DIN5. Do tych samych styków wtyku podlutowano wprowadzenia cewek.

Autor zrezygnował w TDO z funkcji falometra oraz zastosował w urządzeniu modelowym tylko jedną cewkę o indukcyjności około 15µH na zakres 3..8MHz (taki zakres częstotliwości był akurat potrzebny przy konstruowaniu minitransceiwera SSB na pasmo 80m). Dzięki zastosowanej zworze pomiędzy stykami 4 i 5 we wtyku następuje załączenie generatora; włożenie wtyku powoduje zamknięcie obwodu zasilania US i można zrezygnować z dodatkowego wyłącznika zasilania. Gdyby ktoś chciał wykorzystywać przyrząd jako falometer, musi albo wyjmować baterię R6, albo od razu zamontować w obudowie wyłącznik zasilania (przełącznik G/F).

Cewka modelowa (23 zwoje) została nawinięta drutem DNE0,4 na odcinek rurki plastikowej (o średnicy zewnętrznej 20mm nasuniętej na wtyk). Oczywiście, zwiększanie liczby zwojów będzie powodowało zmniejszanie częstotliwości, zaś zmniejszanie - odpowiednio jej wzrost. Przy cewce o indukcyjności poniżej 0,1µH, składającej się tylko z 3/4 zwoja srebrzanki (CuAg1), częstotliwość wyjściowa wynosiła ponad 150MHz i to tylko przy podłączeniu sekcji kondensatora UKF o pojemności 15pF. Przy wykorzystaniu sekcji kondensatora AM maksymalna częstotliwość wynosiła ponad 50MHz (przy wykręconym rotorze), zaś przy maksymalnie wkręconym rotorze amplituda sygnału zmniejszyła się do kilkudziesięciu mV (zły stosunek L/C).

Nasuwa się tutaj ważny wniosek praktyczny do zastosowania przez tych Czytelników, którzy będą chcieli wykorzystać maksymalnie TDO: przy najwyższym zakresie, czyli powyżej 100MHz, jako kondensator C1 należy podłączyć do styku 12 US sekcję UKF agregatu (około 15pF), zaś na pozostałych zakresach równolegle do C1, poprzez styk 2 gniazda, sekcję kondensatora AM (na rysunku styk ten jest podłączony do masy). Oczywiście, w takim przypadku we wtyku należy przewidzieć w tych podzakresach dodatkową zworę pomiędzy stykami 1 a 2. Przy równoległym podłączeniu dwóch sekcji AM wzrośnie zakres zmian częstotliwości (praktycznie nie zawsze korzystne zjawisko).

Jako cewki można wykorzystać łatwo dostępne dławiki w.cz., których końce należy przylutować do wyprowadzeń wtyku (bez osłony).

Przy równoległym połączeniu sekcji AM poniższych podzakresów można zastosować dławiki o następujących indukcyjnościach:

- I: 0,1...0,3MHz - 1mH + C'
- II: 0,3...1MHz - 1mH
- III: 1...3MHz - 100µH
- IV: 3-10MHz - 10µH
- V: 10-30MHz - 1µH
- VI: 30-50...100MHz - 0,1µH

Warto jednak przestrzec, że przy zastosowaniu gotowych dławików nie uzyska się tak głębokiego „dip“, jak przy zastosowaniu indukcyjności własnoręcznie nawiniętych grubym drutem na większej średnicy uzwojenia. Konkluzja: cewki należy nawinąć własnoręcznie, rozpoczynając od cewki (najwyższy zakres) o minimalnej liczbie zwojów, zwracając uwagę,

Przykładowe zastosowania TDO

(dla stykających się pierwszy raz z ww przyrządem)

1. Strojenie obwodów rezonansowych LC

Na skali TDO ustawia się żądaną wartość częstotliwości. Cewkę przyrządu sprzęga się strojonym obwodem i dostraja się odzeń w cewce lub pojemność) do momentu uzyskania najmniejszego wychylenia („dip”).

2. Określanie częstotliwości rezonansowej obwodu LC

Do cewki TDO zbliża się cewkę badanego obwodu LC i obracając pokrętkę C1 aż do uzyskania wyraźnego minimum wychylenia wskaźnika M („dip”). Mierzona częstotliwość odczytuje się z podziałki.

3. Wyznaczanie częstotliwości obwodu LC pracującego w układzie.

W funkcji F cewkę przyrządu sprzęga się z badanym obwodem, na przykład z wyjściem generatora czy nadajnika, i obracając pokrętkę TDO dąży się do uzyskania maksymalnego wychylenia wskaźnika. Częstotliwość rezonansową odczytuje się ze skali przyrządu.

4. Strojenie nadajnika

Pomiaru dokonuje się również w funkcji F przyrządu. Cewkę przyrządu sprzęga się z wyjściem antenowym sprawdzanego nadajnika. Strojenie obwodów nadajnika odbywa się na maksimum wskazań wskaźnika, oczywiście przy ustalonej częstotliwości.

5. Generacja sygnałów w.cz.

Generator może służyć do orientacyjnego strojenia odbiorników. W tym celu cewkę przyrządu należy zbliżyć do wejścia antenowego sprawdzanego odbiornika i na podziałce TDO ustawić wymaganą częstotliwość. Obwody odbiornika stroimy na maksimum odbieranego sygnału. W przypadku odbiorników AM celem jest dołączenie do emiterów tranzystorów generatora m.cz. celem uzyskania sygnału modulowanego.

6. Wskaźnik w.cz. (sygnał doprowadzony do styku 1)

Przyrząd w funkcji F umieszczamy w polu promieniowania anteny. W celu zwiększenia jego czułości do cewki TDO można przyłączyć kawałek przewodu pełniącego funkcję anteny. W ten sposób można również określić charakterystykę promieniowania anteny.

7. Pomiar częstotliwości rezonansowych anten

W przypadku anten niesymetrycznych na cewkę TDO nakłada się „link” (pętka składająca się z dwóch zwojów drutu), który łączy się z przewodem zasilającym antenę. Pokrętkę z podziałką obraca się aż do wystąpienia minimum wychylenia („dip”). W przypadku anten symetrycznych „link” musi mieć trzy zwoje, z których środkowy łączy się masą TDO.

8. Pomiar indukcyjności cewek

Badaną cewkę łączymy z kondensatorem o znanej pojemności, a następnie określamy częstotliwość rezonansową tak powstałego obwodu LC. Indukcyjność wyliczamy ze wzoru:

$$L_x = 25 \cdot 330 / C_f^2 \quad [\mu H, pF, MHz]$$

9. Pomiar pojemności kondensatorów

Postępujemy jak wyżej z tym, że cewka musi mieć znaną indukcyjność. Pojemność wyliczamy ze wzoru:

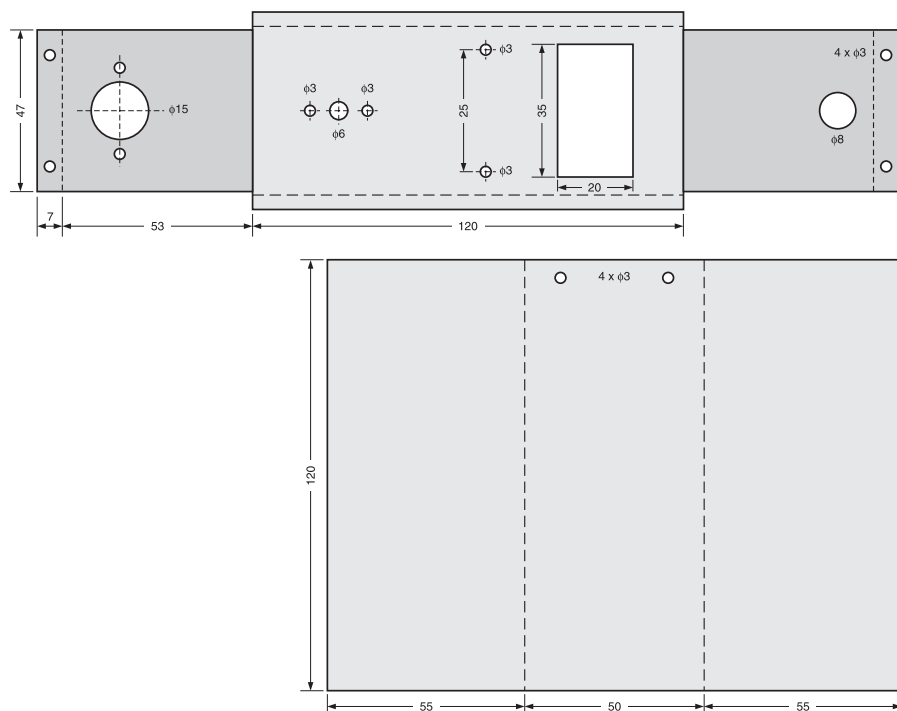
$$C_x = 25 \cdot 330 / L_f^2$$

10. Określanie liczby AL nieznanego rdzenia ferrytowego w.cz. (AL - liczba zwojów przypadająca na 1nH).

Znając liczbę zwojów oraz indukcyjność obwodu można wyznaczyć liczbę AL ze wzoru:

$$AL = L / n^2 \quad [nH]$$

n-liczba zwojów cewki nawiniętych na rdzeniu z dołączonym kondensatorem C.



Rys. 4. Proponowana obudowa do generatora - falomierza (nie zachowano skali).

aby nie wprowadzać dodatkowych indukcyjności w doprowadzeniach do styków 10 i 12 oraz zminimalizować pojemności wejściowe i początkowe wartości kondensatora zmiennego (jeżeli agregat ma dodatkowe równoległe trymery, to należy je ustawić na min. pojemności). Zastosowanie miernika o większej czułości, np. $50\mu\text{V}$, również wpływa korzystnie na maksymalną częstotliwość (mniejsza wartość C2). W każdym razie, przy dobieraniu liczby zwojów do wyjścia 3 należy podłączyć miernik częstotliwości o odpowiednio wysokim zakresie pomiarowym.

W końcowej fazie montażu należy na górną część obudowy nakleić biały kartonik i nanieść

WYKAZ ELEMENTÓW

Kondensatory

C1: 5-200pF (kondensator zmienny)

C2: 82pF

C3, C6: 10nF ceramiczny

C4, C5, C7: 100nF ceramiczny

Półprzewodniki

D1, D2: AAP152 itp.

US1: MC1648

Różne

G1: gniazdo DIN5

G2: gniazdo BNC

M: mikroamperomierz 50-200 μA

L: cewki według opisu w tekście (nie wchodzi w skład kitu)

choćby prowizoryczną skalę, chyba że będziemy zawsze mieli do dyspozycji miernik częstotliwości, nie mówiąc już o takim luksusie jak wyposażenie TDO w wewnętrzną skalę częstotliwości.

Na zakończenie należy jeszcze zwrócić uwagę, że przy wykorzystaniu przyrządu do strojenia torów odbiorczych AM lub FM, układ generatora należy wyposażyć w modulator. Przy strojeniu torów, gdzie występuje dodatkowo generator BFO, a więc demodulatorów sygnałów CW i SSB, nie ma potrzeby stosowania modulacji i wystarczy sama nośna z TDO. Wprowadzenie modulacji do układu MC1648 można przeprowadzić w najprostszym sposób poprzez dołączenie do wyprowadzenia 5 pierwotnie przewidzianego do AGC sygnału z generatora akustycznego o częstotliwości około 1kHz i dobranej amplitudzie w celu uzyskania wyraźnej równoczesnej modulacji AM i FM.

Andrzej Janeczek, AVT