

# Analogowy miernik częstotliwości



Opisana w artykule konstrukcja nie zachwyca dokładnością pomiaru, jest za to prosta w wykonaniu i uruchomieniu. Zastosowany jako wskaźnik wyniku miernik analogowy zapewnia dużą czytelność wskazań, ułatwia ponadto śledzenie zmian zachodzących w mierzonym sygnale.

Sześć pozycji dziesiętnych, które oferuje częstotlicznik cyfrowy, to dokładność w praktyce często zbędna, natomiast procedura ustawiania czasu zliczania, dobieranie czułości w ejsjiowej i filtracji oraz doszukiwanie się położenia przecinka dziesiętnego, to utrudnienia, których często chciałoby się uniknąć. Przeciwnieństwem jest miernik analogowy - wystarczy po prostu podłączyć go do układu, a następnie dobrać zakres pomiarowy.

W wielu przypadkach interesujące jest jedynie rozstrzygnięcie, czy badany układ generuje sygnał o częstotliwości 2kHz, czy 10kHz, czy zakres przestrajania wynosi 10:1, a wtedy ograniczona dokładność pomiaru jest jak najbardziej do przyjęcia. Ważniejsze są szybkość i łatwość uzyskania wyniku pomiaru.

## Opis układu

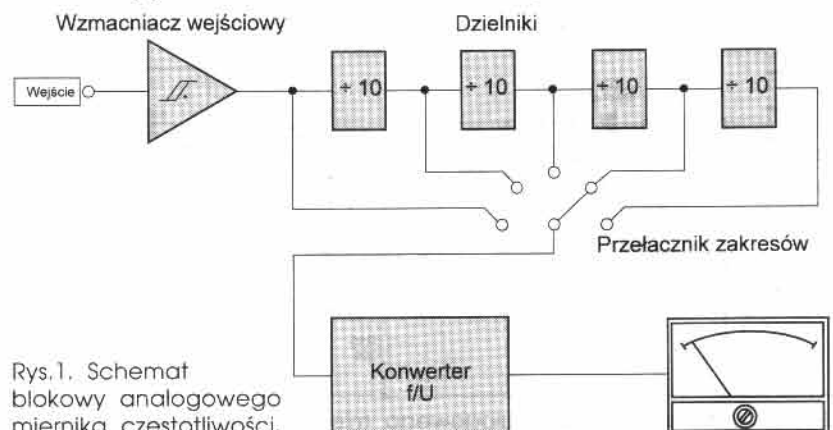
Najistotniejszy element urządzenia stanowi przetwornik częstotliwość-napięcie, działający w pasmie 0-100Hz. Konwerter ten jest bardzo łatwo wykalibrować - wystarczy w tym celu pochodzący z sieci sygnał o częstotliwości

50Hz dołączyć do wejścia układu i uzyskać wychylenie równe połowie zakresu. Pozostałe zakresy częstotliwościowe, sięgające 1MHz, uzyskuje się poprzez zastosowanie dzielników częstotliwości o stopniu podziału 1:10. Odpowiedni wejściowy układ kształtujący, dający impulsy o stabilnych, szybko narastających zboczach uzupełnia całość. Schemat blokowy miernika przedstawiono na rys.1.

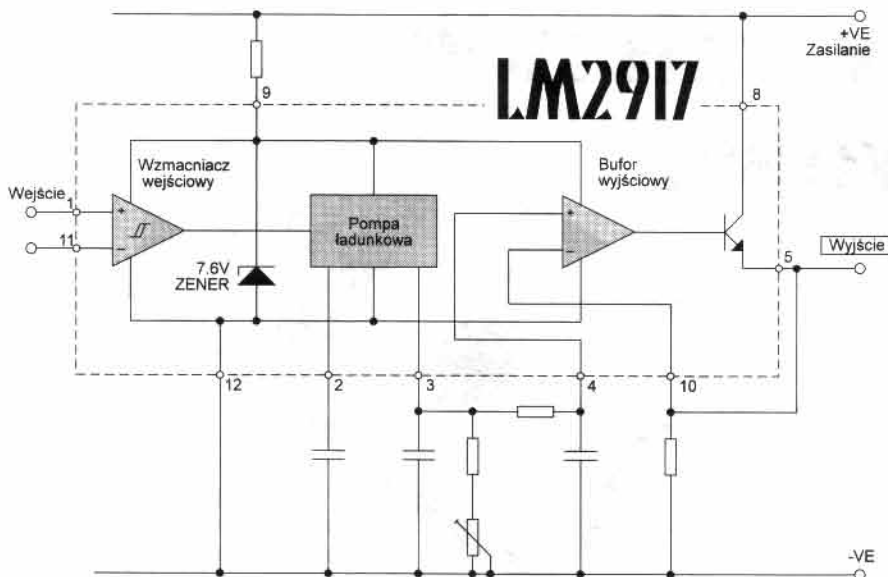
Schemat blokowy układu LM2917C, stanowiącego „serce” układu przedstawia rys.2.

Układ zawiera wzmacniacz wejściowy z histerezą (nie jest to istotne dla omawianego urządzenia). Za wzmacniaczem znajduje się pompa ładunkowa, która w odpowiedzi na każdy impuls podaje na wyprowadzenie 3 określoną porcję ładunku. Wielkość tego ładunku wynika z pojemności kondensatora podłączonego do wyprowadzenia 2. Wyjście układu LM2917N buforowane przez wzmacniacz operacyjny i tranzystor. Układ wymaga bardzo niewielkiej liczby elementów zewnętrznych, a kalibracja wymaga użycia tylko jednego podzespołu regulowanego.

Sposób zasilania układu



Rys.1. Schemat blokowy analogowego miernika częstotliwości.



Rys.2. Struktura wewnętrzna przetwornika częstotliwości/napięcie LM2917N.

LM2917N sugeruje, że układ ten opracowano z myślą o samochodowych licznikach obrotów. Zasilanie podawane jest między wyprowadzenia 9 (biegun dodatni) a 12. Znajdująca się wewnątrz układu dioda Zenera 7.6V stabilizuje napięcie, które zasilą pozostałą część tego układu. Według producenta układ należy zasilac napięciem +12V z użyciem rezystora ograniczającego natężenie prądu. Zasilając układ z baterii na-

pięciem 9V należy poczynić pewne dodatkowe zabiegi inżynierskie.

Opis układu miernika częstotliwości, którego schemat elektryczny przedstawia rys.3 rozpoczniemy od układu zasilającego. Aby zapewnić odpowiednie napięcie podawane na wewnętrzną diodę Zenera (7.6V) układu IC5, uwzględniając to, że napięcie baterii 9V, zanim zostanie ona wymieniona, spadnie nawet do 6V.

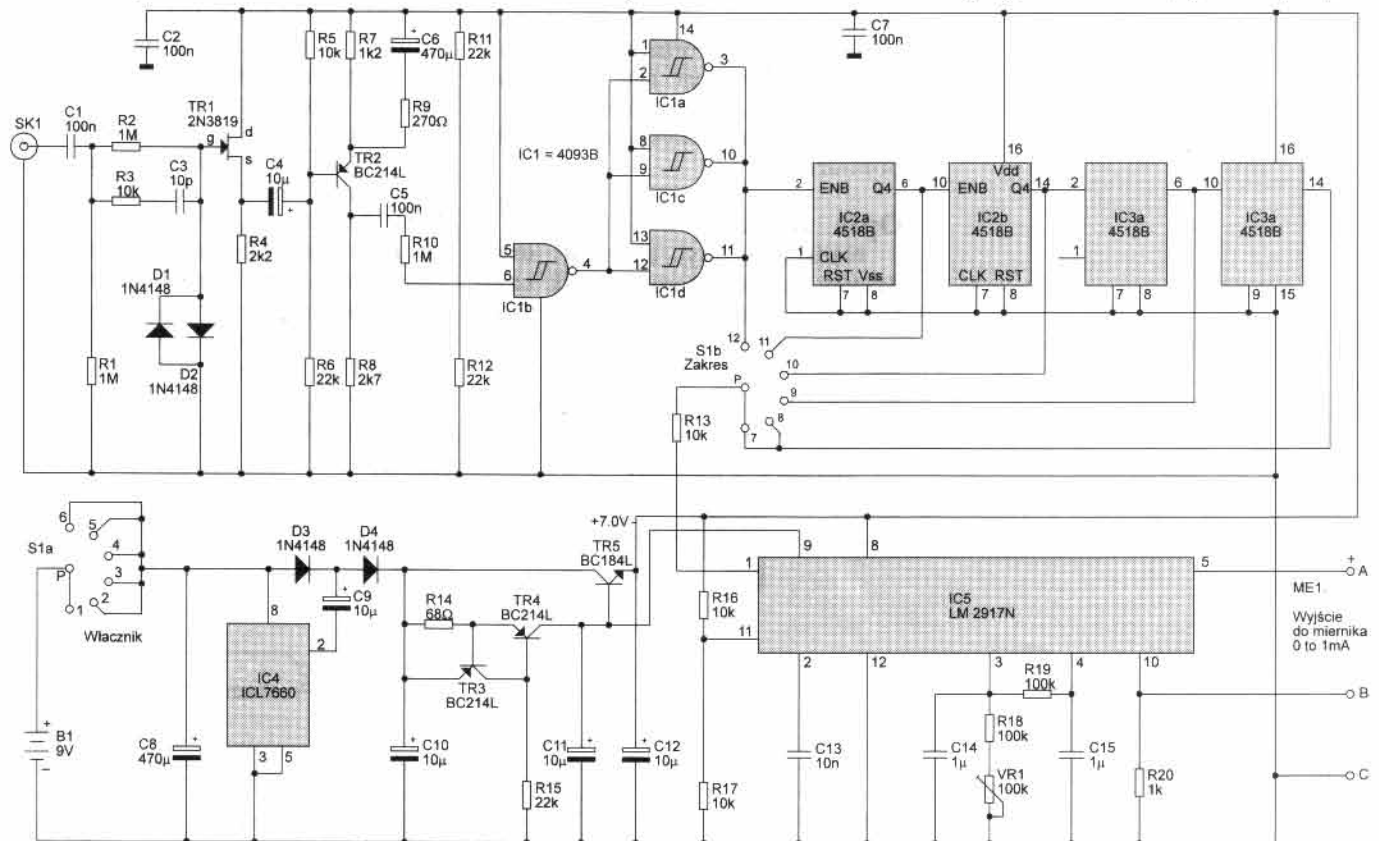
Napięcie pochodzące z baterii podwojono wykorzystując konwerter 7660 (IC4). Układ ten ładuje kondensator C10. W przypadku nowej baterii na tym kondensatorze pojawia się napięcie rzędu 17.5V, zmniejszające się do ok. 10V, w miarę starzenia się baterii.

Aby uniknąć zmian prądu, które wystąpiłyby przy zastosowaniu rezystora połączony szeregowo z wewnętrzną diodą Zenera układu LM2917N, w układzie umieszczono stałe źródło prądowe z tranzystorami TR3 i TR4, dające prąd o natężeniu około 8mA, wpływający do wyprowadzenia 9 układu IC5.

Stale napięcie występujące na wyprowadzeniu 9 układu IC5 jest buforowane przez tranzystor TR5, a następnie wykorzystywane do zasilania pozostałej części urządzenia, dzięki czemu nie ma potrzeby stosowania oddzielnego stabilizatora. Ze względu na spadek napięcia na złączu baza-emiter tranzystora TR5, napięcie to wynosi około 7V.

### Sygnal wejściowy

Sygnal wejściowy trafia na bramkę tranzystora TR1 (pracującego jako wtórnik) przez sprzężenie



Rys.3. Pełny schemat ideowy analogowego miernika częstotliwości.

nie pojemnościowe. Elementy R1..R3 i D1 oraz D2 ograniczają napięcie pojawiające się na bramce tranzystora TR1 do 1.2V (wartość międzyszczytowa), a kondensator C3 kompensuje wpływ pojemności diod w zakresie wyższych częstotliwości.

Tranzystor TR2 daje wzmocnienie napięciowe rzędu 10V/V. Zastosowano tranzystor typu p-n-p, aby zapewnić odpowiedni zwrot napięcia na kondensatorze sprzęgającym C4. Sygnał z wyjścia tranzystora TR2 podawany jest na stanowiącą bufor bramkę NAND Schmitta IC1b.

Projektując układ założono, że powinien on pracować poprawnie przy sygnałach wejściowych o napięciu rzędu 100mV (wartość skuteczna). W praktyce układ działa poprawnie już przy sygnałach o napięciu 80mV. Maksymalna wartość napięcia wejściowego wynika z ograniczeń napięciowych rezystora R2 i kondensatora C3, a więc sygnały o napięciach około 50V (wartość skuteczna) nie powinny uszkodzić układu. Układ wejściowy wykazuje podaną czułość w paśmie do około 1.2MHz.

### Dzielniki

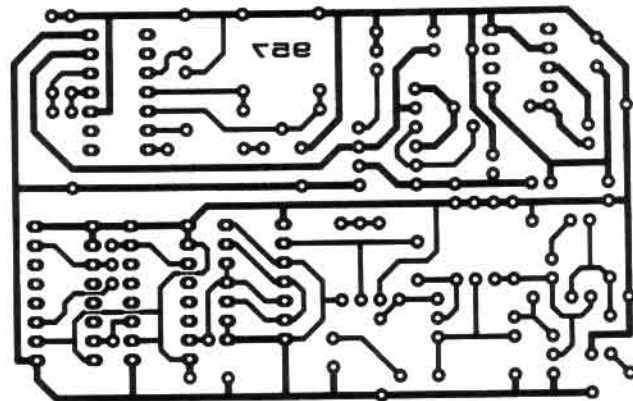
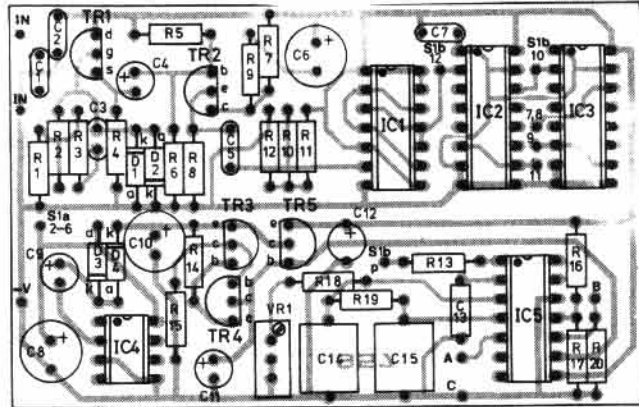
Sygnał podawany jest następnie na cztery dekadowe dzielniki częstotliwości, znajdujące się w dwóch układach CMOS 4518B (IC2 i IC3). Właściwe wyjście wybierane jest przy pomocy przełącznika zakresów S1b, a odpowiedni sygnał podawany jest na konwerter częstotliwość/napięcie IC5. S1 jest dwubiegunowym przełącznikiem obrotowym sześciopozycyjnym, a jego jedna sekcja (S1a) wykorzystana jest jako włącznik zasilania. Przełącznik jest zorganizowany tak, że jako pierwszy wybierany jest najwyższy zakres częstotliwościowy, w związku z czym ryzyko przestworzenia miernika wychyłowego jest niewielkie.

Ładunek z wyjścia pompy ładunkowej układu IC5 wprowadzany jest do kondensatora C14, do którego równolegle podłączone są rezystor R18 i potencjometr VR1. Elementy te służą do rozładowywania kondensatora i kalibracji. Napięcie panujące na kondensatorze, którego wartość nominalna dla pełnego zakresu wynosi 1V,

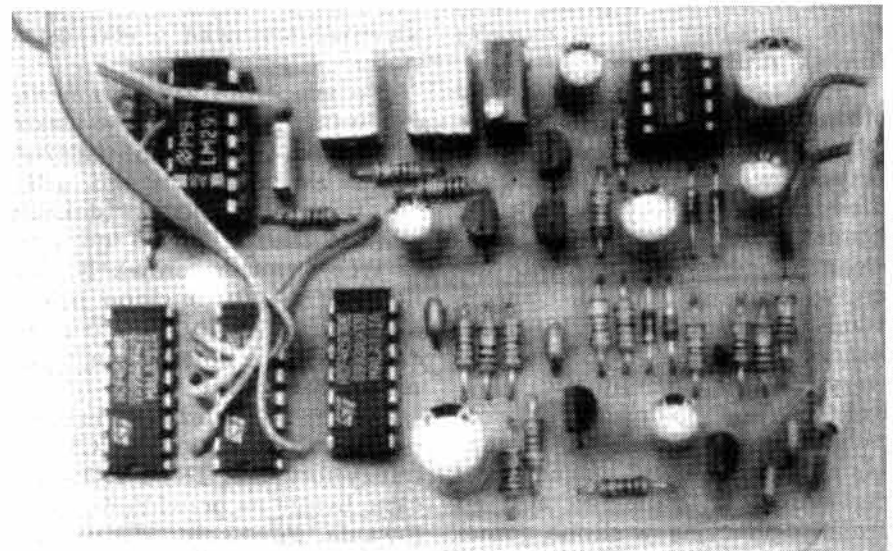
podawane jest przez filtr dolno-przepustowy z elementami R19 i C15 na wyprowadzenie 4 układu IC5, będące wejściem wyjściowego wzmacniacza buforowego. Drugie wejście tego wzmacniacza, podłączone do wyprowadzenia 10, jest połączone z masą przez rezystor R20.

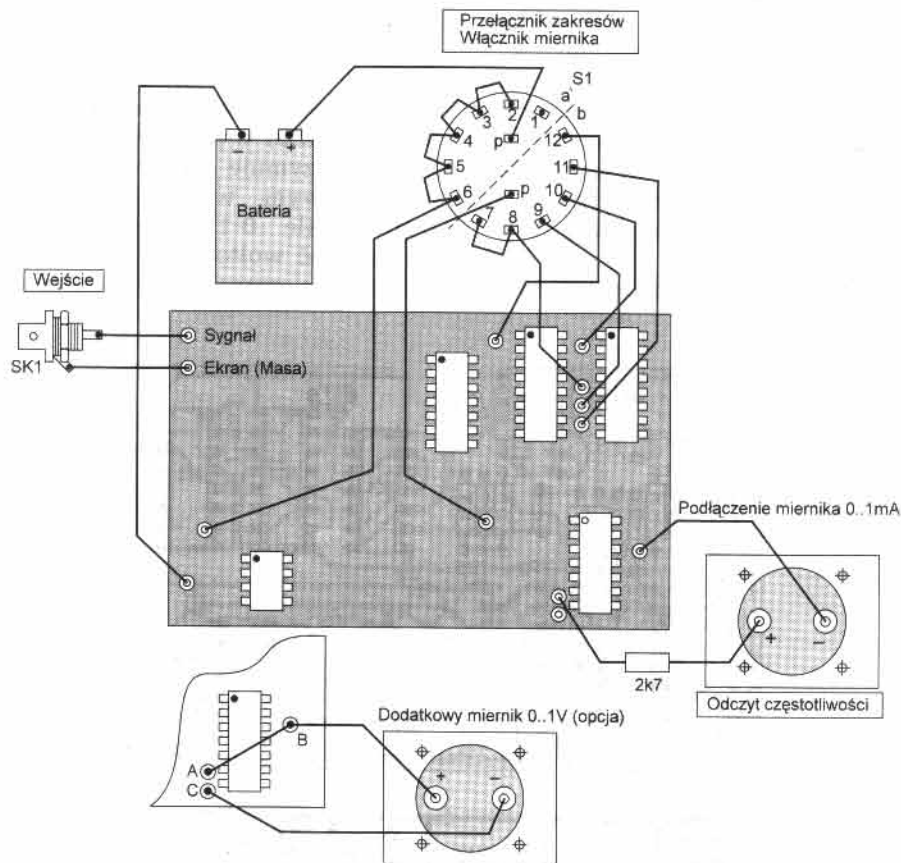
Istnieją dwie możliwości pod-

łączenia miernika wychyłowego do układu IC5. Jedną z nich to zwarcie emitera wewnętrznego tranzystora (wyprowadzenie 5 układu IC5) z wyprowadzeniem 10 - otrzymuje się wtedy na niskoomowym wyjściu napięcia w przedziale 0-1V, które mogąysterować woltomierz o zakresie 1V. Drugie rozwiązanie, zastoso-



Rys.4. Schemat rozmieszczenia elementów i mozaika ścieżek druku analogowego miernika częstotliwości. Skompletowana płytką przedstawiona jest poniżej.





Rys.5. Okablowanie płytki drukowanej i pozostałych podzespołów miernika. Przedstawiono także sposób podłączenia woltomierza wychyłowego.

wane w prototypie, wykorzystuje miernik 1mA włączony między wyprowadzenia 5 i 10, w którym to przypadku rezystor R20 staje się elementem pętli sprzężenia zwrotnego, a układ dostarcza prądu o natężeniu od 0 do 1mA.

### Wykonanie

Większość podzespołów urządzenia montowana jest na niewielkiej płytce drukowanej. Schemat rozmieszczenia elementów przedstawiony jest w górnej części rys.4, w dolnej zaś - mozaika ścieżek druku.

Montaż należy rozpocząć od elementów biernych, poczynając od najmniejszych, a konkretnie od rezystorów, po czym montować diody, kondensatory ceramiczne, kondensator poliestrowy C13, a następnie kondensatory elektrolityczne, poczynając od pojemności 10mF (4 szt.) na 470mF (C6 i C8) kończąc. Dodatkowo wyprowadzenia wszystkich kondensatorów elektrolitycznych znajdują się od strony górnej krawędzi płytki. Następnie można wlutować potencjometr cermetowy VR1, umieszczając go śrubą regulacyjną w stronę górnej

krawędzi płytki (układ będzie działał również przy odwrotnym montażu tego potencjometru, ale kierunek regulacji będzie odwrotny).

W tym momencie można już przeprowadzić pierwsze próby działania układu. Powinny już być zamontowane doprowadzenia zasilania oraz podstawka wraz z układem IC4. IC4, podobnie jak IC2 i IC3, jest układem wykonanym w technologii CMOS, w związku z czym należy przedsięwziąć stosowne środki ostrożności.

Po włączeniu zasilania nastąpi ładowanie kondensatorów elektrolitycznych, po czym natężenie prądu zasilania powinno ustalić się w okolicy 100mA (dokładna wartość zależna jest od upływności tych kondensatorów). Na kondensatorze C10 powinno pojawić się napięcie około 17V, co świadczyć będzie o poprawnym działaniu układu IC4.

Następnie należy zamontować podstawkę pod układ IC5 oraz tranzystory Tr3, TR4 i TR5, zwracając uwagę na prawidłowość wlutowania. Ponownie włączyć zasilanie i używając miliamperomierza (zakres 10mA) oraz włączonego szeregowo rezystora 1kW zmierzyc natężenie prądu przepływającego między kontaktem 9 podstawki pod układ IC5 oraz ujemnym biegunem zasilania. Powinno ono wynieść 8-9mA. Jeśli tak jest, można zamontować układ IC5 i ponownie zasilić całość. Należy teraz zmierzyć napięcia na wyprowadzeniach 9 i 8 układu IC5, które powinny być równe odpowiednio 7.6V i 7V. Całkowity pobór prądu urządzenia powinien teraz wynosić około 21mA.

Następnie należy zamontować tranzystory TR1 i TR2. Pierwszy z nich (FET) należy chronić przed skutkami ładunków elektrostatycznych, ponieważ przy montażu prototypu kilka takich tranzystorów zostało zniszczonych.

Po włączeniu zasilania płytki zmierzyc napięcie na kolektorze TR2, które powinno wynieść około 3.5V (najłatwiej jest je zmierzyć na końcówce rezystora R8). Napięcie źródła tranzystora TR1 (mierzone na końcówce rezystora R4) powinno leżeć w przedziale 0.5V - 2.5V, zależnie od egzemplarza tranzystora. Jeśli podczas montażu w stopniu tym popełniono błąd, napięcie to wyniesie 0V lub blisko 7V.

Teraz montujemy układ IC1 (zawierający cztery bramki NAND Schmitta). Można nie stosować podstawek, podobnie jak w przypadku układów IC2 i IC3, co pozwoli uniknąć dodatkowych pojemności rozproszonych. Lutowanie układów CMOS dobrze jest rozpocząć od wyprowadzeń zasilających, ponieważ umożliwia to prawidłowe działanie wewnętrznych zabezpieczeń przed ładunkami elektrostatycznymi.

Sygnal wejściowy powinien być doprowadzony przewodem ekranowanym. Kolejny test polega na podaniu sygnału wejściowego - w wielu przypadkach wystarczy tu dotknięcie wejścia palcem, powodujące pojawienie się na wejściu sygnału 50Hz o dostatecznie wysokim poziomie. Jeśli poziom ten okazuje się niewystarczający, a nie dysponujemy generatorem, można zastosować transformator sieciowy dający na uzwojeniu wtórnym napięcie kilku woltów.

W obecności sygnału wejściowego

## WYKAZ ELEMENTÓW

## Rezystory

(węglowe warstwowe, 0.6W, 1%)

R1, R2, R10: 1M $\Omega$ R3, R5, R13, R16, R17: 10k $\Omega$ R4: 2.2k $\Omega$ R6, R11, R12, R15: 22k $\Omega$ R7: 1.2k $\Omega$ R8: 2.7k $\Omega$ R9: 270 $\Omega$ R12: 68 $\Omega$ R18, R19: 100k $\Omega$ R20: 1k $\Omega$ VR1: 100k $\Omega$ , 22-obrotowy potencjometr cermetowy, pionowy

## Kondensatory

C1, C2, C5, C7: 100nF, ceramiczne

C3: 10pF, ceramiczny

C4, C9, C11, C12: 10 $\mu$ F/50V, elektrolityczny, wyprowadzenia jednostronneC6, C8: 470 $\mu$ F/16V, elektrolityczny, wyprowadzenia jednostronneC10: 100 $\mu$ F/25V, elektrolityczny, wyprowadzenia jednostronne

C13: 10nF, poliestrowy

C14, C15: 1 $\mu$ F, poliestrowy

## Półprzewodniki

D1, D2, D3, D4: 1N4148

TR1: 2N3819 (FET z kanałem typu n)

TR2, TR3, TR4: BC214L (pnp)

TR5: BC184L (nnp)

IC1: 4093B CMOS (cztery bramki NAND)

IC2, IC3: 4518B CMOS (podwójny licznik dekadowy)

IC4: ICL7660 (przetwornik napięcia)

IC5: LM2917N (przetwornik częstotliwość/napięcie)

## Różne

ME1: miernik wychyłowy z ruchomą cewką, 0-1mA (patrz tekst)

S1: dwubiegunowy, sześciopozycyjny przełącznik obrotowy

SK1: gniazdo BNC 56W

B1: bateria 9V PP3 (lub sześć baterii AA w pojemniku - patrz tekst)

obudowa ABS z tworzywa sztucznego, wymiary zewnętrzne 90mm\*149.5mm\*52.5mm;

podstawki DIL 8 i 14-nóżkowe;

pokrętko ze wskaźnikiem;

końcówka do podłączenia baterii

P3; przewód; przewód

ekranowany; końcówki lutownicze;

cyna itd.

wego należy sprawdzić przy pomocy oscyloskopu sygnał na wyprowadzeniach 10 lub 11 układu IC1 - powinien to być przebieg prostokątny. Można także przy pomocy woltomierza zmierzyć średnią wartość napięcia. Wartość ta zależna jest od kształtu napięcia wejściowego i powinna być zbliżona do 3.5V (połowa napięcia zasilania). Przy braku sygnału wejściowego napięcie na tych wyjściach powinno wynieść 0V lub 7V.

Ostatnim etapem montażu jest wlutowanie dzielników IC2 i IC3. Jeśli ponownie na wejście podany zostanie sygnał o częstotliwości 50Hz, można sprawdzić stany na wyjściu pierwszych trzech dzielników częstotliwości. Na wyjściu pierwszego średni poziom napięcia zmierzony przy pomocy woltomierza napięcia stałego powinien wynosić około 1.4V, a jeśli do pomiaru użyty zostanie miernik wychyłowy, widoczny powinien być ruch wskazówki z częstotliwością 5Hz. Na wyjściu drugiego dzielnika (wyprowadzenie 14 układu IC2) co 2 sekundy powinien pojawiać się impuls, a na wyjściu trzeciego dzielnika (wyprowadzenie 6 układu IC3) - 20 sekund. Tylko najbardziej cierpliwi konstruktorzy będą chcieli sprawdzić w ten sposób prawidłowość przebiegu na wyjściu ostatniego dzielnika: przy sygnale wejściowym o częstotliwości 50Hz impulsy pojawiają się tam co 200 sekund! Jeśli dostępny jest generator sygnałowy dający wyższe częstotliwości, można dokonać sprawdzenia działania ostatniego dzielnika (wyprowadzenie 14 układu IC3).

Prototyp zamknięty został w obudowie ABS z tworzywa sztucznego o zewnętrznych wymiarach 90mm\*149.5mm\*52.5mm.

Miernik częstotliwości jest zazwyczaj używany krótko, w związku z czym przewidziano zasilanie z baterii PP3. Całkowity pobór prądu urządzenia wynosi 25mA i jeśli przewidywana jest jego praca przez dłuższy okres czasu, lepiej jest zastosować 6 baterii AA. Obudowa zapewnia na to dostateczną ilość miejsca, o ile tylko włącznik urządzenia nie zostanie umieszczony zbyt blisko krawędzi obudowy.

Sposób połączenia płytki z pozostałymi elementami urządzenia przedstawia rys.5. Zastosowanie kabla płaskiego, zwłaszcza do podłączenia przełącznika zakresów S1 z płytką, czyni konstrukcję bardziej elegancką, choć nie jest to niezbędne.

## Wskaźnik pomiarowy

Możliwe są tu bardzo różne rozwiązania, w tym także wariant, w którym miernik częstotliwości pozbawiony jest własnego wskaźnika, a jego wyjście należy połączyć przewodami z multimetrem, ewentualnie cyfrowym.

Jeśli punkty „A” i „B” zostaną zwarte, między te punkty oraz punkt „C” włączyć można woltomierz wychyłowy o zakresie 1V. Jeśli zastosuje się rozwiązanie takie, jak w prototypie, między punktami „A” i „B” należy umieścić miliamperomierz o zakresie 1mA, pozostawiając punkt „C” niewykorzystany.

W takim przypadku można także umieścić w szereg z miliamperomierzem rezystor szeregowy, zabezpieczający miernik wychyłowy przez przesterowaniem w razie przekroczenia zakresu pomiarowego miernika częstotliwości. Rezystor ten nie spowoduje błędów wskazań, ponieważ znajduje się w pętli sprzężenia i pojawiający się na nim spadek napięcia zostanie skompensowany. Wartość tego rezystora zależy od zastosowanego miernika wychyłowego - w przypadku prototypu było 2.7k $\Omega$ .

## Kalibracja

Kalibracja przyrządu polega po pierwsze na uzyskaniu zerowego wskazania przy braku sygnału wejściowego, a po drugie - na uzyskaniu wychylenia do połowy skali przy podaniu na wejście sygnału 50Hz (np. przez dotknięcie wejścia wilgotnym palcem lub użycie transformatora sieciowego o niskim napięciu wtórnym). Regulacji wychylenia dokonuje się przy pomocy potencjometru VR1.

**Andy Flind, EWPE**

*Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją "Everyday with Practical Electronics".*