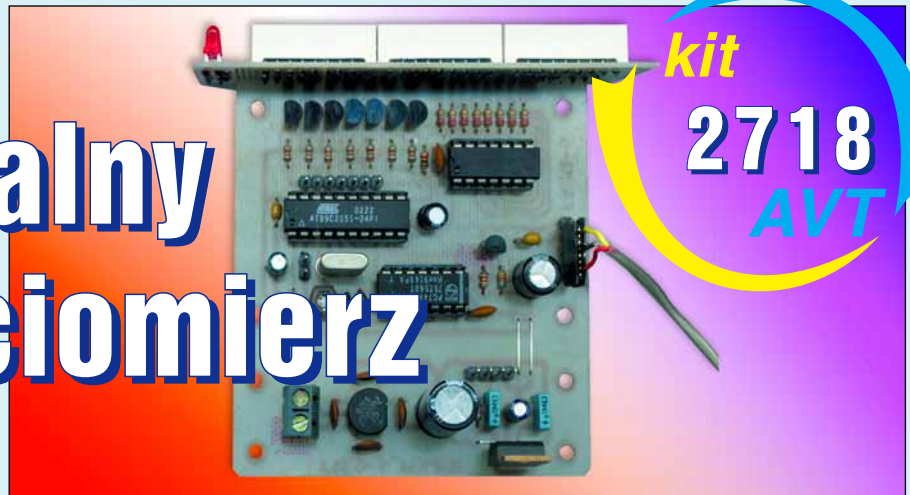




Uniwersalny Częstościomierz



Poniższy układ jest kompletnym miernikiem częstotliwości o elastycznej budowie elektronicznej i mechanicznej. Pozwala to, przy odpowiednim oprogramowaniu mikrokontrolera, na wykorzystanie go do większości projektów wymagających bezpośredniego lub pośredniego pomiaru częstotliwości.

Do najważniejszych cech podkreślających elastyczność modułu należą:

- zastosowanie mikrokontrolera typu „Flash”,
- możliwość wykorzystania dwóch wejść liczników-przerwań,
- wstępny dzielnik częstotliwości,
- dodatkowe wejście dla sygnałów analogowych,
- możliwość podłączenia klawiatury,
- zwarta konstrukcja pozwalająca się rozbić na trzy mniejsze kawałki.

Parametry całego modułu są dobre, ale można je jeszcze poprawić i to bez ingerencji w układ elektroniczny. Posłużyć do tego celu może m.in.: wprowadzenie arytmetyki, zmiana sposobu pomiaru i dopisanie złożonych funkcji użytkowych. Istnieje też możliwość zastosowania identycznego mikrokontrolera o większej pojemności programu (AT89C4051) lub nawet znacznie szybszego z rodziny AVR (AT90S2313 - konieczna wymiana kwarcu i układu zerowania). W przyszłości może to rozszerzyć listę zastosowań modułu i ewoluować w kierunku powstania bardziej złożonych konstrukcji.

Dołączone programy wynikowe pozwalają na wykorzystanie miernika między innymi do takich projektów EdW jak:

„Falomierz-generator w.cz.” (kit AVT 2108, EdW7/96) - FR6_1.hex lub FR6_2.hex; „Prosty generator w.cz.” (kit AVT 2127, EdW1/97); „Prosty odbiornik nasłuchowy KF” (kit AVT 2133, EdW2/97); „Generator funkcji” (kit AVT 2114, EdW 5/97); „Generator/falomierz w.cz.” (kit AVT 2478, EdW3/01); „Uniwersalny generator” (kit AVT 2495, EdW7/01); „Szerokopasmowy generator KF” (EdW5/02); „Odbiornik nasłuchowy CW-SSB” (kit AVT 2148,

EdW7/97) - FR6_4.hex lub FR6_5.hex; „Transceiver SSB ANTEK (RX)” (kit AVT 2310, EdW9-12/98) - FR6_5.hex lub FR6_7.hex

Programy wynikowe:

1. Program FR6_1.hex - bezpośredni odczyt częstotliwości z automatyczną zmianą zakresów. Możliwość zatrzymania wyniku przez zwarcie CON1. Dzielnik /64.
2. Program FR6_2.hex - jak poprzedni, dzielnik /32.
3. Program FR6_3.hex - jak poprzedni, dzielnik /128.
4. Program FR6_4.hex - pośredni pomiar częstotliwości z uwzględnieniem wartości +455kHz lub - 455kHz (przy zwartym CON1). Dzielnik /32.
5. Program FR6_5.hex - pośredni pomiar częstotliwości z uwzględnieniem wartości +455kHz/USB lub +455kHz/LSB (przy zwartym CON1). Dzielnik /32.
6. Program FR6_6.hex - pośredni pomiar częstotliwości z uwzględnieniem wartości +6.00MHz lub - 6.00MHz (przy zwartym CON1). Dzielnik /32.
7. Program FR6_7.hex - pośredni pomiar częstotliwości z uwzględnieniem wartości +6.00MHz/USB lub 6.00MHz/LSB (przy zwartym CON1). Dzielnik /32.

Podstawowe dane techniczne dla programów FR6_1...3.HEX:

- zakres mierzonych częstotliwości: zakres A, brak dzielnika (fr6_1...3.hex) 1Hz...921kHz - czas pomiaru ok. 1s, zakres B...Div /32 (74HC393, fr6_2.hex) 100Hz...29,5MHz - czas pomiaru ok. 0,33s, zakres B...Div /64 (74HC393, fr6_1.hex) 100Hz...40MHz - czas pomiaru ok. 0,66s, zakres B...Div /64 (74AC393, fr6_1.hex) 100Hz...59MHz - czas pomiaru ok. 0,66s, zakres B...Div /128 (74AC393, fr6_3.hex) 100Hz...100MHz - czas pomiaru ok. 1,32s,
- max. częstotliwość wejścia analogowego ok. 50MHz/110mV,
- maksymalny odczyt wyniku na 6 wyświetlaczach LED,

- odczyt zakresu 3 diody LED + kropki dziesiętne,
- automatyczna zmiana zakresów powyżej 921kHz,
- wygaszanie nieznaczących zer do jednego,
- jeden statyczny włącznik zmieniający stan pracy CON1 - HOLD.

Opis układu

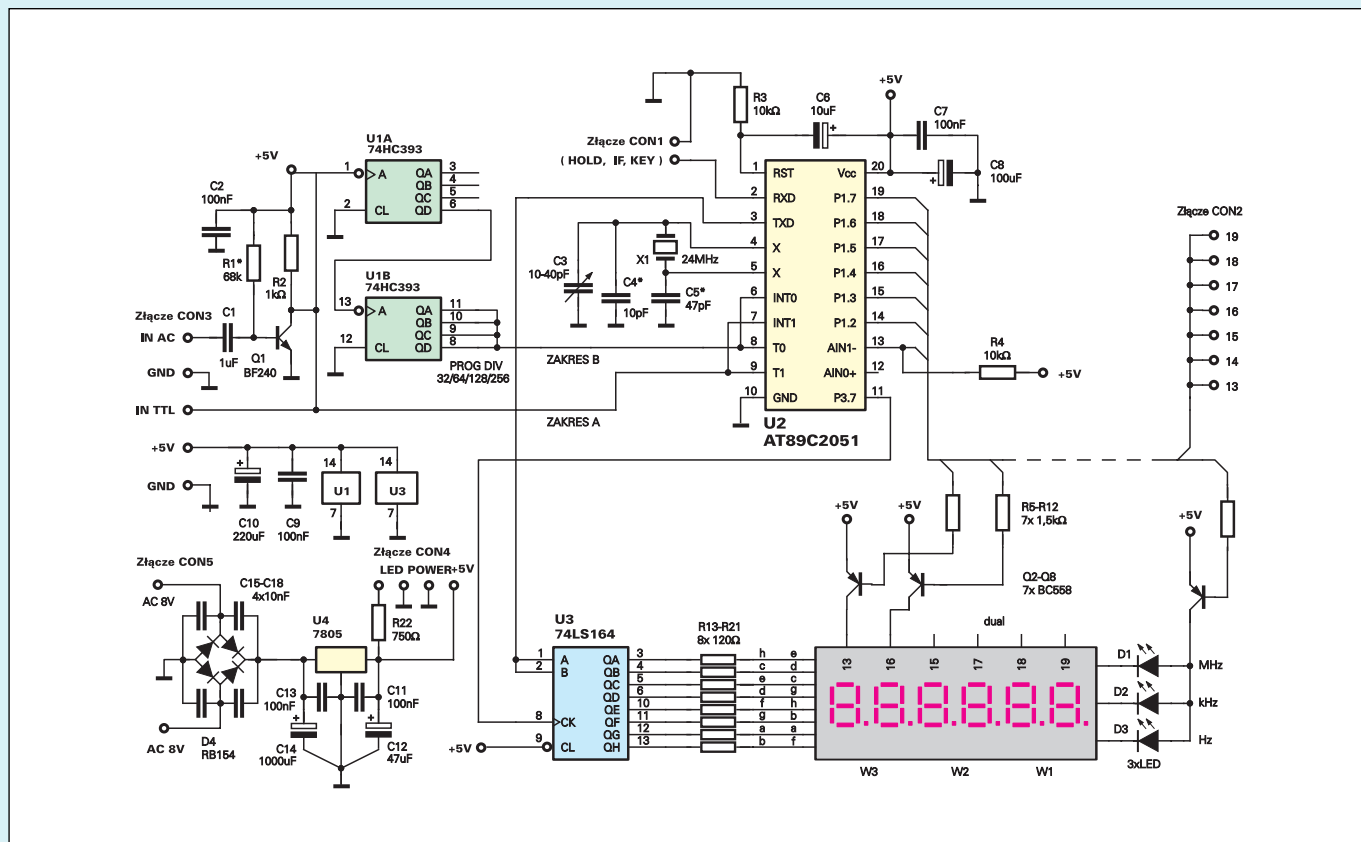
Schemat ideowy modułu pokazany jest na rysunku 1. Jak widać, moduł miernika jest wyposażony w dwa wejściowe pomiarowe. Pierwsze wejście - analogowe, to prosty wzmacniacz szerokopasmowy oparty o szybki tranzystor Q1. Jego zadaniem jest uformowanie przebiegu wejściowego do poziomu akceptowanego przez układy TTL. Prostota tego wejścia jest okupiona szybko malejącą czułością przy wzroście częstotliwości. Drugie wejście - cyfrowe - jest bezpośrednio doprowadzone do układów zliczających, tzn. na wejście dzielnika wstępnego U1A oraz wejście licznika T1 i wejście przerwania zewnętrznego INT1 układu U2. Dzielnik wejściowy zbudowany został za pomocą dwóch szeregowo połączonych liczników modułu 16 (U1A i U1B), a jego podział możemy łatwo ustawić na jeden z czterech (/32/64/128/256) kroplą lutownia. Taki sposób połączenia licznika z mikrokontrolerem pozwala na „hardwarowe” ustawianie stopnia podziału dzielnika i jednocześnie uniemożliwia odczyt najmniej znaczących bitów bezpośrednio z licznika U1. Zadaniem dzielnika w układzie jest ograniczenie maksymalnej częstotliwości mierzonej do poziomu akceptowanego przez wejście licznika mikrokontrolera. W tym przypadku jest to stosunkowo tani układ AT89C2051 taktowany maksymalnym zegarem 24MHz. Pozwala to teoretycznie (twierdzenie Nyquista) zliczać impulsy do 1MHz. Układ U2 posiada tylko 15 linii I/O, co doprowadziło do koniecznego rozszerzenia liczby wyjść potrzebnych do obsługi wyświetlaczy LED. Do tego celu posłużył powszechnie stosowany w układach mikroprocesorowych 8-bitowy rejestr przesuwany U3.

Rezystory R13-R21 ograniczają prąd wyświetlaczy do bezpiecznej wartości. Wszystkie wyświetlacze (łącznie z diodami LED) są sterowane kolejno od najstarszego do najmłodszego poprzez klucze tranzystorowe Q2-Q8. Pozwala to na jednoczesne włączenie do programu sekwencyjnej obsługi klawiatury, złącze CON2 i złącze czytające CON1. Elementy C6, R3 są odpowiedzialne za poprawny start (RESET) układu U2. Linie P1.0 i P1.1 wewnętrznie nie posiadają elementów podciągających (do wysokiego stanu), dlatego do prawidłowej pracy wyświetlacza konieczny jest rezystor podciągający R4.

Cały moduł jest zasilany napięciem stałym 5V, którego dostarcza scalony stabilizator napięcia U4. Transformator dostarczający napięcia potrzebnego do zasilania układu powinien mieć moc ok. 6-8W.

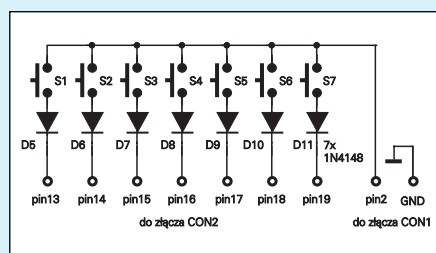
Wyprowadzenie od mikrokontrolera dwóch wejść liczników (T0, T1) i dwóch wejść przerwań zewnętrznych (INT0, INT1) pozwoliło na wyeliminowanie multiplexera wejściowego. Jednocześnie stało się możliwe (przy odpowiednim programie) dokonanie pomiaru dwóch liczników zsynchronizowanych z sygnałem wejściowym. Taka metoda pomiaru pozwala na bardzo dokładny pomiar niskich częstotliwości i znacznie skraca czas bramkowania dla niskich i wysokich częstotliwości. Dokładny opis sposobu pomiaru zsynchronizowanego z boczem opisał pan Sławomir Surowiński w EP12/96.

Rys. 1 Schemat ideowy modułu



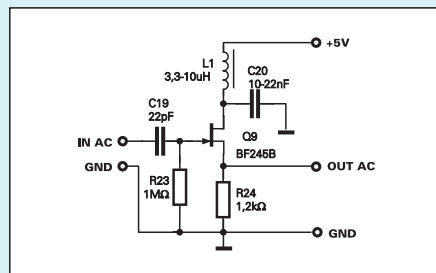
Programy wynikowe dołączone do modułu wykorzystują klasyczną metodę pomiaru opartą o stały czas bramkowania. Pozwoliło to na znaczne skrócenie czasu potrzebnego do napisania programu (assembler) i jednocześnie zmniejszyło kod wynikowy.

Na **rysunku 2** przedstawiona została propozycja schematu klawiatury obsługiwanej sekwencyjnie. Takie uproszczenie klawiatury do niezbędnego minimum było możliwe dzięki wewnętrznej konstrukcji portów mikro-



Rys. 2 Schemat klawiatury obsługiwanej sekwencyjnie

Rys. 3 Schemat ideowy sondy



kontrolera. Celem zastosowanych diod przełączających jest zapobieżenie błędnemu zasilaniu wyświetlaczy podczas jednoczesnego przyciśnięcia więcej niż jednego przycisku.

W praktyce często bywa tak, że miernik częstotliwości podczas pomiaru obciąża układ badany. Objawia się to znacznym odstrojeniem układu badanego lub całkowitym zanikiem jego oscylacji. Receptą na takie przypadki może być dodatkowa sonda zwiększająca znacznie oporność wejściową i zmniejszająca przenikanie zakłóceń od strony częstotliczomierza do układu badanego. Schemat takiej sondy przedstawia **rysunek 3**. Jak widać, jest to typowy wtórnik źródłowy zbudowany na tranzystorze BF245.

Montaż i uruchomienie

Główny moduł częstotliczomierza składa się z trzech jednostronnych płytek drukowanych pokazanych na **rysunku 4**. Jeśli chcemy zachować zwartą konstrukcję całości, to nie odcinamy płytki zasilacza od płytki miernika. Montaż elementów przeprowadzamy zgodnie z obowiązującymi regułami tzn. rozpoczynamy od najniższych (zwrotek), a kończymy na najwyższych (elektrolitach). Dobrym zwyczajem jest pod układy scalone zamontować podstawki, a na układ scalony stabilizatora U4 zastosować niewielki radiator. Na **rysunku 5** przedstawiono zalecany sposób połączenia płytki wyświetlaczy z płytką miernika. Dokonujemy tego za pomocą spoiwa lutowniczego. Również za

pomocą spoiwa lutowniczego ustawiamy podział dzielnika zależnie od wpisanego programu wynikowego. Poprawnie zmontowany miernik z zaprogramowanym mikrokontrolerem programem fr6_1.hex powinien po włączeniu napięcia zasilania wyświetlać „0” i zapalić diodę zakresu „Hz”.

Strojenie miernika polega na dokładnym zestrojeniu generatora wzorcowego, którym jest oscylator mikrokontrolera z elementami zewnętrznymi X1, C3-C5. Częstotliwość ta powinna dokładnie wynosić 24.000MHz, a jej sprawdzenia należy dokonać na wyprowadzeniu 4 układu U2. Ponieważ rozrzut parametrów kwarców (zależnie od producenta) jest dość duży, może się okazać konieczna zmiana wartości kondensatorów C4 i C5. Po uzyskaniu prawidłowych wskazań pracy oscylatora należy na wejście cyfrowe miernika podać przebieg TTL, np. o wartości kilkuset kHz. Następnie trymerem C3 ustawiamy identyczny wynik na wyświetlaczu modułu częstotliwościomierza co podany przebieg wejściowy. Wzorcem poprawności wskazań modułu powinien być inny częstotliwościomierz o większej rozdzielczości cyfr. Uzyskanie identycznych wskazań na obu miernikach

świadczy o ukończeniu strojenia i gotowości modułu do przewidzianej pracy.

Rysunki dodatkowych płytek drukowanych (klawiatury i sondy) przedstawia **rysunek 6**. Obie płytki, po prawidłowym zmontowaniu, nie wymagają żadnego strojenia i są gotowe do pracy.

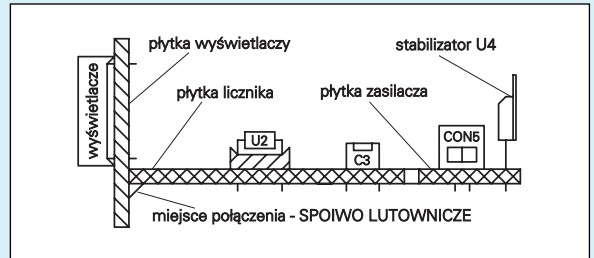
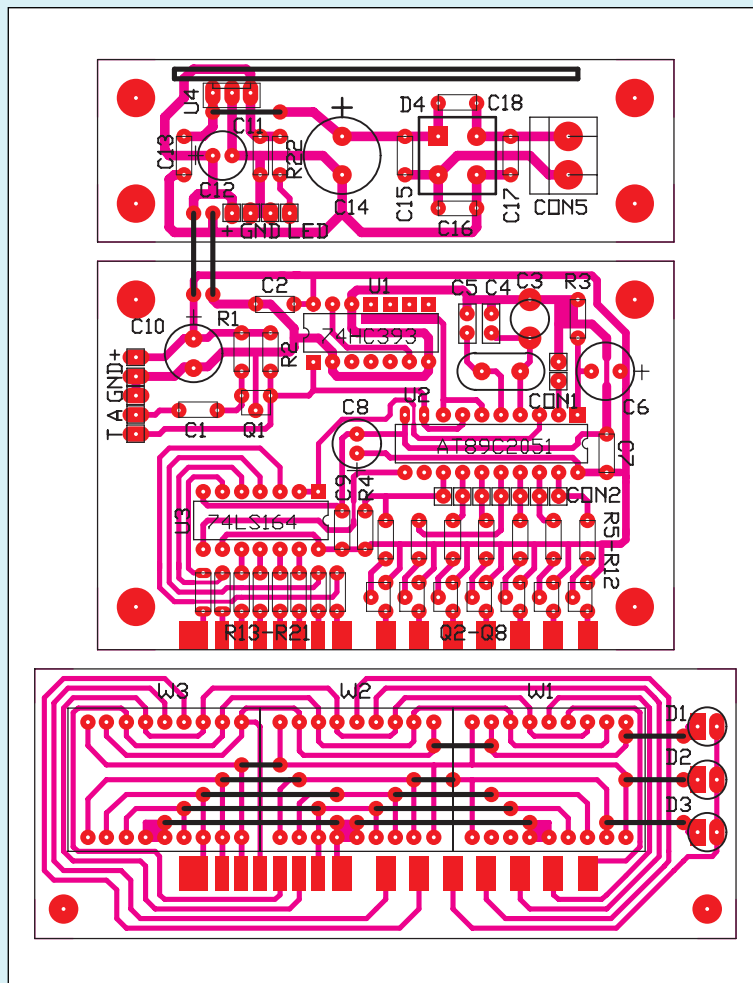
Dołączony model miernika (pomimo układu typu „HC”) na wejściu analogowym wskazywał poprawnie do 56MHz/911mV. Aktualnie jestem w trakcie kończenia preskalera z układem SAB6456 do 1GHz (dodatkowa płytka do modułu). Jeśli będzie zainteresowanie takim układem, to zostanie on opublikowany na łamach EdW.

Programy źródłowe i wynikowe można ściągnąć ze strony internetowej EdW z działu FTP.

Roman Biadalski

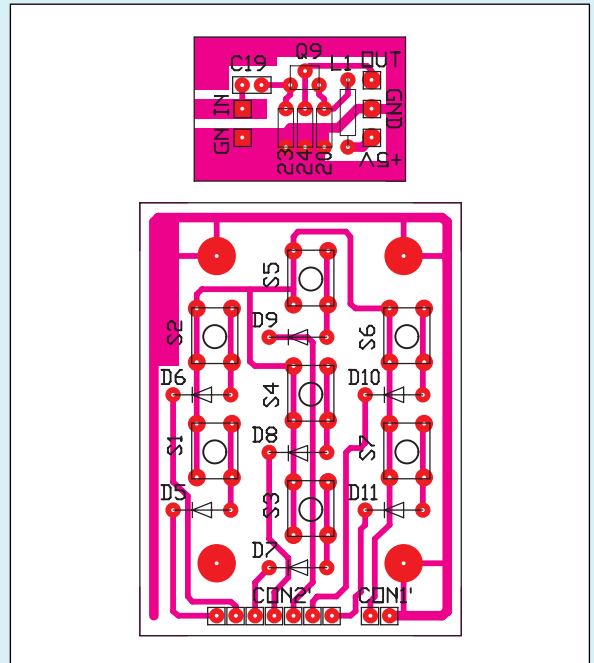
roman.biadalski@edw.com.pl

Rys. 4 Schemat montażowy modułu



Rys. 5 Sposób połączenia płytki wyświetlacza z płytką miernika

Rys. 6 Schemat montażowy klawiatury i sondy



Wykaz elementów

Moduł	Q2-Q8	BC558B
Rezystory	U1	74HC393
R1*	U2	AT89C2051
R2	U3	74LS164
R3, R4	U4	7805
R5-R12	W1-W3	LA5642-11-P czerwone
R13-R21	Inne	
R22	X1	24.000MHz
Kondensatory	CON1-CON4	18 szpilek goldpinów
C1	CON5	ARK2
C2, C7, C9, C11, C13	Podstawka 14pin - 2szt.	
C3	Podstawka 20pin	
C4*	Sonda	
C5*	R23	1MΩ
C6	R24	1,2kΩ
C8	C19	22pF
C10	C20	22-47nF
C12	Q9	BF245B
C14	L1	4,7μH
C15-C18	Półprzewodniki	
Półprzewodniki	D1-D3	LED 3mm czerwone
D1-D3	D4RB154 mostek
D4	Q1	BF240
Q1	Klawiatura	
Klawiatura	S1-S7	mikoswitch
S1-S7	D5-D11	1N4148

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2718