

Prosty miernik częstotliwości

Do czego to służy?

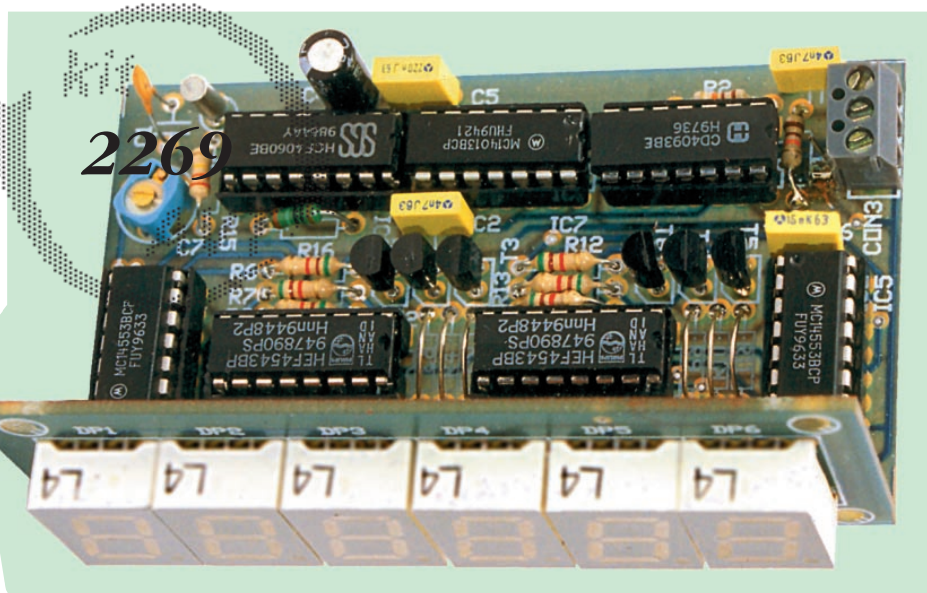
Zadnemu, nawet zupełnie początkującemu elektronikowi nie trzeba chyba tłumaczyć do czego służy miernik częstotliwości. Jest to chyba jeden z najbardziej rozpowszechnionych i potrzebnych w pracowni elektronicznej przyrządów pomiarowych. Po napięciu i prądzie częstotliwość jest chyba najczęściej mierzoną wartością w laboratorium elektronicznym. Niestety, tak użyteczny przyrząd jest najczęściej dość kosztowny i nie każdy hobbysta jest w stanie zainwestować w jego zakup. Ale przecież wykonaliśmy już kilka urządzeń, które miały zastąpić i zastąpiły kosztowne przyrządy fabryczne. A więc, czas na miernik częstotliwości.

Autor przestąpił do konstruowania opisywanego przyrządu z mieszanymi uczuciami. Z jednej strony warto dać Czytelnikom EdW kolejne narzędzie pracy, przy budowie którego będą mogli się dodatkowo czegoś nauczyć. Z drugiej strony jednak, budowanie czegoś, co w założeniu będzie gorsze od istniejącego już urządzenia jest dość niewdzięczną czynnością.

Mierniki częstotliwości były i są jednymi z najczęściej realizowanych w technice cyfrowej układów. Budowano je już od początku ery układów TTL i autor z rozręchaniem wspomina swój pierwszy miernik zrealizowany na TTL Standard i wyposażony w wyświetlacze na lampkach NIXIE (ciekawe, ilu z Was wie, co to takiego w zamierzonych czasach było?). Urządzenie potrzebowało małej elektrowni do zasilania, ale działało!

Dzisiaj dysponujemy już zupełnie innymi technologiami i nie musimy już budować miernika według klasycznej zasady: rząd liczników, rząd zatrząsków pamiętających, rząd dekodów i rząd wyświetlaczy. Zastosujemy nowoczesne liczniki, których w szesciopozycyjnym przyrządzie będzie trzeba użyć tylko dwa. Technologia CMOS pozwoli na zredukowanie poboru prądu do pomijalnej wartości, a nasze urządzenie posiadać będzie charakter modułu, do którego zaprojektujemy wiele przystawek rozszerzających jego możliwości.

Miernikiem częstotliwości warto zająć się jeszcze z jednego powodu. Otóż, miernik taki jest „sercem” prawie każdego urządzenia mierzącego wartości elektryczne i nieelektryczne. Czasami to „serce” jest schowane w strukturze układu wielkiej skali integracji, ale zawsze istnieje. Przecież woltomierz cyfrowy to



najczęściej miernik częstotliwości mierzący częstotliwość lub okres przebiegu generowanego przez przetwornik napięcie – częstotliwość! Oczywiście nie namawiamy nikogo do budowy takiego woltomierza „na piechotę”, ponieważ zawsze byłby on gorszy od prostego układu z ICL71107 czy ICL7135. Bądźmy jednak pewni, że dla naszego miernika znajdziemy wiele ciekawych zastosowań. Typowym zastosowaniem proponowanego układu jest z pewnością dobudowanie go do generatora funkcyjnego opisanego w jednym z poprzednich numerów EdW. Dołączenie na stałe do tego układu miernika częstotliwości zwiększy w decydujący sposób komfort i szybkość pracy.

A oto **dane techniczne** proponowanego układu:

Ilość wyświetlanych cyfr: 6

Zakres pomiaru: od 0 do 9999999Hz, praktycznie do 1MHz

Zasilanie: 7...15VDC/I_{max}=50mA stabilizowane

Wejście: TTL – CMOS, przewidziane dodanie preskalerów zwiększających zakres pomiaru do ok. 60MHz

Technologia CMOS

Jak to działa?

Schemat elektryczny proponowanego układu przedstawiony został na **rysunku 1**. Zanim jednak przejdziemy do jego szczegółowej analizy, zajmijmy się przez chwilę nowym w naszych konstrukcjach i bardzo ciekawym elementem. Jest nim trójdekadowy licznik typu 4553. Jest to kostka należąca do rodziny CMOS serii 4XXX, z nieznanymi przyczynami stosunkowo rzadko stosowana. A szkoda, bo jej zastosowanie pozwala niejednokrotnie radykalnie uprościć konstrukcję projektowanego układu, tak jak w naszym przy-

padku. 4553 zawiera w swojej strukturze trzy, połączone ze sobą kaskadowo liczniki dziesiętne, trzy czterobitowe zatrząski typu LATCH i układ sterujący wyświetlaniem multipleksowanym. Układ posiada wbudowany oscylator, tak że „do życia” potrzebny jest mu jedynie jeden zewnętrzny element – kondensator o pojemności 10nF. A oto opis wyprowadzeń tej „sympatycznej” kostki:

Q1, Q2, Q3 i Q4: wyjścia BCD przeznaczone do sterownia dekodrem BCD – kod wyświetlacza siedmiosegmentowego.

D1, D2 i D3: wyjścia sterowania wyświetlaniem multipleksowanym, aktywne w stanie niskim

CLK: wejście zegarowe na które podajemy zliczane impulsy

LE LATCH ENABLE: podanie na to wejście impulsu ujemnego powoduje przełączenie zawartości liczników do rejestrów wyjściowych

DIS: wejście zezwolenia na wyświetlanie, aktywne w stanie niskim

C1A i C1B: wejścia do dołączenia kondensatora oscylatora wewnętrznego

RST: wejście zerujące liczniki, aktywne w stanie wysokim.

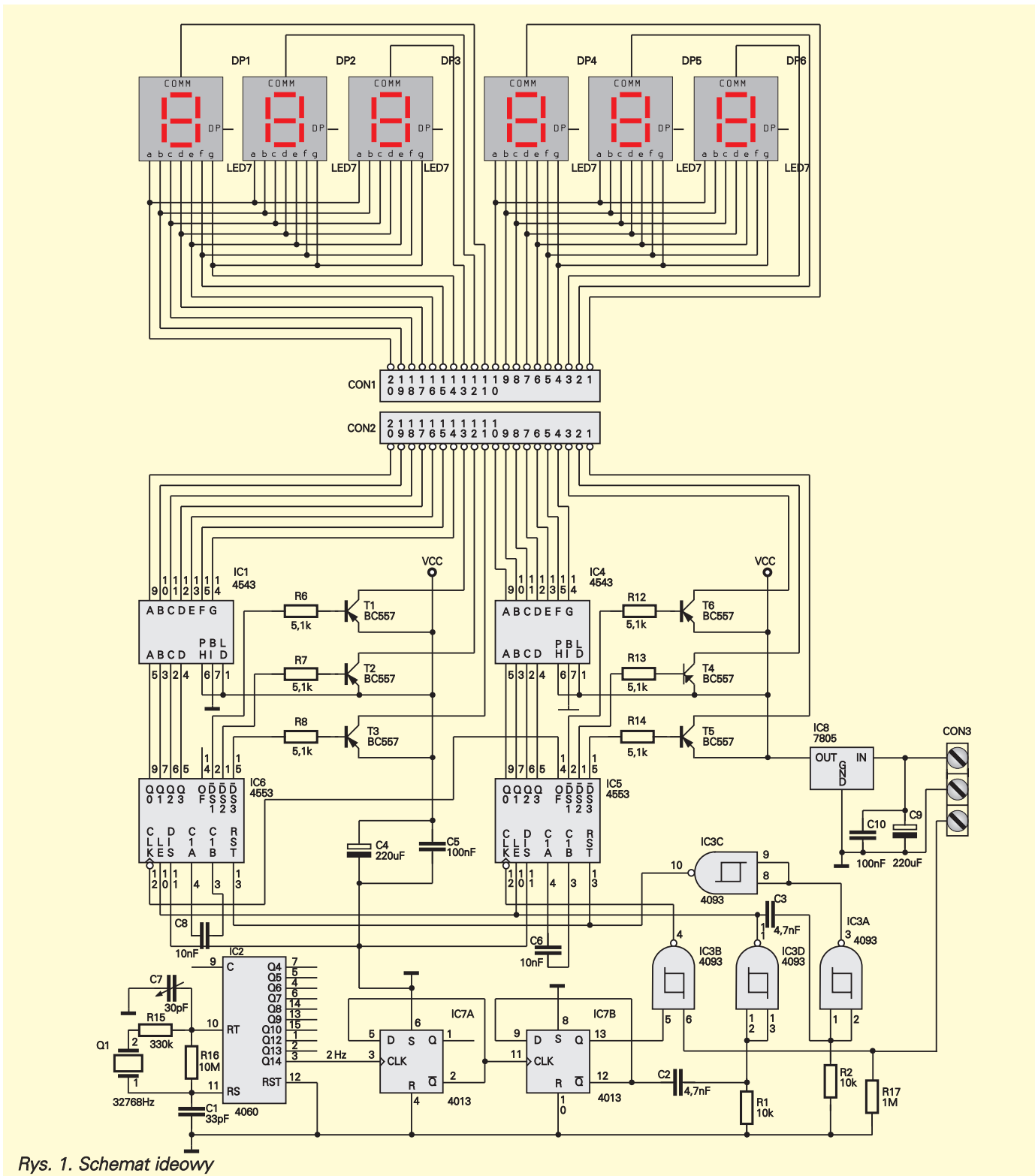
W naszym układzie liczniki 4553 (IC5 i IC6) połączone są szeregowo tworząc w sumie kaskadę sześciu liczników dziesiętnych, co umożliwi sześciocyfrową prezentację wyników pomiaru. Ponieważ każdy z 4553 pracuje w układzie „na własną rękę”, bez jakiegokolwiek synchronizacji, konieczne było zastosowanie dwóch dekodów BCD – kod wyświetlacza siedmiosegmentowego typu 4543 – IC1 i IC4. Rodzaj wyjść sterujących wyświetlaniem multipleksowanym narzuca nam rodzaj zastosowanych wyświetlaczy: ze współ-

ną anodą. Jest to rozwiązanie najwygodniejsze, w którym sterowane z wyjść DS1\DS3 tranzystory PNP włączają aktualnie potrzebny wyświetlacz.

Przejdźmy teraz do analizy części układu odpowiedzialnej za bramkowanie miernika i sterowanie licznikami. Jako generator wzorcowy wykorzystano popularny układ 4060 zawierający w swojej strukturze zarówno generator stabilizowany w naszym przypadku rezonatorem kwarcowym, jak i dzielnik

częstotliwości o stopniu podziału równym 14. W układzie zastosowano popularny i tani rezonator kwarcowy typu „zegarkowego”, zapewniający jednak naszemu przyrządowi wystarczającą w amatorskich warunkach dokładność. Częstotliwość pracy generatora wynosi 32768Hz, tak więc na wyjściu Q14 układu IC2 otrzymujemy częstotliwość 2Hz. Założyliśmy czas bramkowania miernika równy 1sek. i wobec tego musimy tą częstotliwość podzielić przez 4. Zreali-

zowane jest to w najprostszy sposób: za pomocą połączonych ze sobą przerzutników typu D (IC7A i IC7B), które pracują w układzie dwójki liczącej. Tak więc na wyjściu Q przerzutnika IC7B otrzymujemy przebieg prostokątny o idealnie równym wypełnieniu i częstotliwości 0,5Hz. Łatwo zauważyć, że stan wysoki trwa na tym wyjściu dokładnie 1 sek., co zostało wykorzystane do sterowania bramką IC3B. Dopóki na wyjściu Q IC7B trwa stan wysoki, dopó-



Rys. 1. Schemat ideowy

ty bramka IC3B przepuszcza podawane na jej wejście 6 impulsy, które następnie kierowane są na wejście pierwszego z kaskady liczników i zliczane. Po pojawieniu się na tym wyjściu stanu niskiego bramka IC3B zostaje zamknięta i zachodzą następujące zjawiska:

1. Dodatkowo zbocze na wyjściu Q IC7B powoduje krótkotrwałe wymuszenie stanu wysokiego na połączonych ze sobą wejściach bramki IC3D. Impuls z wyjścia tej bramki doprowadzony do wejść LE obydwóch liczników powoduje przepisanie ich zawartości do rejestrów wyjściowych. Tak więc obliczona ilość impulsów podanych na wejście miernika została zapamiętana i przekazywana jest sekwencyjnie na wejścia dekodatorów wyświetlaczy. Na wyświetlaczach ukazuje się zmierzona wartość.
2. Wstępujące zbocze impulsu na wyjściu bramki IC3D powoduje z kolei krótkotrwałe wymuszenie stanu wysokiego na wejściach bramki IC3A. Krótki impuls ujemny z jej wyjścia po zanegowaniu przez bramkę IC3C zostaje doprowadzony do wejść RST liczników powodując ich natychmiastowe wyzerowanie.

Po kolejnym powstaniu stanu wysokiego na wyjściu Q IC7B bramka IC3B otwiera się i cały cykl zliczania rozpoczyna się od początku. Z powyższego opisu wynika, że zawartość rejestrów wyjściowych liczników IC5 i IC6 odświeżana jest co 2 sekundy i tyle właśnie trwa pełny cykl pomiarowy.

Pozostała część układu to typowo skonstruowany zasilacz stabilizowany z układem 7805, nie warty szczegółowego opisu.

Montaż i uruchomienie

Na rysunku 2 przedstawiona została mozaika ścieżek dwóch płytek drukowanych wykonanych na laminacie dwustronnym z metalizacją oraz rozmieszczenie na nich elementów. Układ zostanie zmontowany na dwóch płytkach: płycce bazowej zawierającej logikę układu i płycce wyświetlaczy.

Montaż układu przeprowadzamy w typowy, wielokrotnie opisywany już sposób. Rozpoczniemy od wlotowania rezystorów, a zakończymy na kondensatorach i podstawkach pod układy scalone. Po zmontowaniu obydwóch płytek musimy połączyć je ze sobą pod kątem prostym. Do tego celu posłuży nam szereg goldpinów kątowych, dostarczony w kicie. Taki sposób montażu zapewni nam idealnie prosty kąt ustawienie płytek względem siebie i bardzo mocne ich połączenie.

Po zmontowaniu miernika nadejście doniosła chwila jego uruchomienia. Dołączamy zasilanie (niektórzy radzą włożyć przedtem układy scalone w podstawki, po którym to zabiegu układ działa zdecydowanie lepiej) i obserwujemy wyświetlacze. Po krótkim momencie podczas którego mogą na nich wyświetlić się kompletne bzdury, na wyświetlaczach powinny pokazać się same zera, czyli że nasz miernik najprawdopodobniej działa poprawnie. Bardzo przydałby się teraz inny, dokładny miernik częstotliwości. Z jego pomocą, pokręcając kondensatorem strojeniowym C7 ustawiamy częstotliwość generatora na dokładnie 32768Hz (pomiaru dokonujemy na nóżce 9 IC2). Jeżeli nie

Wykaz elementów

Rezystory

- R1, R2: 10kΩ
- R6, R7, R8, R12, R13, R14: 5,1kΩ
- R15: 330kΩ
- R16: 10MΩ
- R17: 1MΩ

Kondensatory

- C1: 33pF
- C3, C2: 4,7nF
- C4, C9: 220 μF/16
- C5, C10: 100nF
- C6, C8: 10nF
- C7: trymer 30pF

Półprzewodniki

- DP1, DP2, DP3, DP4, DP5, DP6: wyświetlacz siedmiosegmentowy LED, wsp. anoda „super jasne” np. SA52-11SRWA (ultrabright)
- IC1, IC4: 4543
- IC2: 4060
- IC3: 4093
- IC5, IC6: 4553
- IC7: 4013
- IC8: 7805
- Q1: 32768Hz
- T1 T6: BC557 lub odpowiednik

Pozostałe

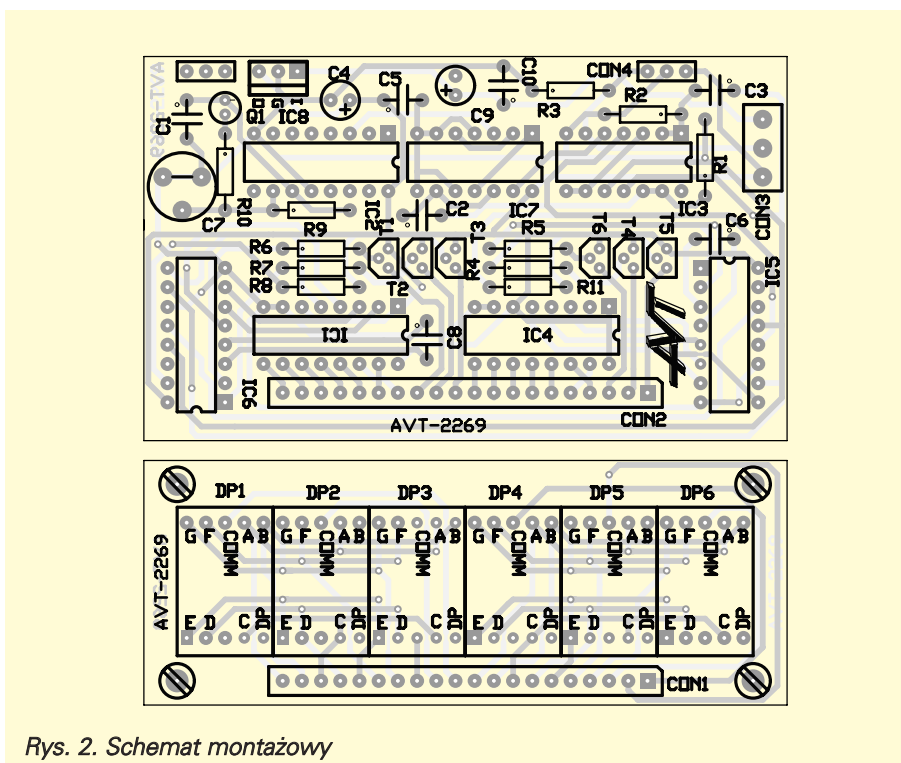
- CON2, CON1: goldpin kątowy, jednorzędowy 20 pin.
- CON3: ARK3 (3,5 mm) podstawki pod układy scalone

możemy skorzystać z żadnego miernika częstotliwości, to nie martwmy się: nasz przyrząd i tak będzie jak na warunki amatorskie dość dokładny.

Ostatnim etapem pracy będzie podanie na wejście układu przebiegu prostokątnego o poziomie TTL. Jeżeli znamy dokładnie jego częstotliwość, to może to być alternatywna metodą skalibrowania naszego miernika. Jeżeli tej częstotliwości nie znamy, to możemy stwierdzić jedynie, że nasz miernik pracuje poprawnie, nic jeszcze nie wiedząc o jego klasie dokładności.

Istotnym ograniczeniem możliwości wykonanego przyrządu jest maksymalna mierzona częstotliwość, która wynosi tylko 1MHz (999999Hz). W jednym z najbliższych numerów EdW postaramy się temu zaradzić, dobudowując do naszego układu prescaler (wstępny dzielnik częstotliwości) umożliwiającą rozszerzenie zakresu pomiarowego co najmniej do 60MHz. Popatrzcie zresztą jeszcze raz na płytkę bazową naszego przyrządu: widać tam jakieś ciekawe, nie opisywane dotąd złącza na krawędzi płytki. Pożyjemy, zobaczymy...

Zbigniew Raabe



Rys. 2. Schemat montażowy

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2269.