

Częstościomierz

Częstościomierz (ang. frequency counter) jest przyrządem pomiarowym służącym do pomiaru częstotliwości sygnałów elektrycznych o różnym kształcie np. sinusoidalnym, prostokątnym lub trójkątnym. Może też mierzyć częstotliwość sygnałów piłkkształtnych lub mających postać pojedynczych impulsów.

Jeszcze do niedawna częstościomierze były dużymi urządzeniami laboratoryjnymi zasilanymi z sieci. Upowszechnienie się układów scalonych,

stały wzrost skali ich integracji i rozwój techniki mikroprocesorowej doprowadził do tego, że pomiar częstotliwości może wykonać nawet stosunkowo tani multimetr cyfrowy, ale w węższym zakresie niż sprzęt laboratoryjny (do około 20 MHz, przy gorszej dokładności pomiaru i rozdzielczości wskazania). Typowy, tani częstościomierz laboratoryjny może mierzyć częstotliwość sygnału w zakresie do 1-3 GHz z rozdzielczością co najmniej ośmiu cyfr. W pierwszej części artykułu zostaną przedstawione metody pomiaru częstotliwości, a w drugiej właściwości i dane techniczne częstościomierzy.

Pomiar częstotliwości sygnału jest podstawową funkcją pomiarową realizowaną przez częstościomierz, lecz nie jedyną. Oprócz tego typowy częstościomierz może wyświetlać wartość okresu, będącego odwrotnością częstotliwości, zliczać impulsy (funkcja „totalize”) i wyświetlać wartość prędkości obrotowej w liczbie obrotów na minutę. Gdy częstościomierz ma dwa identyczne kanały pomiarowe oznaczane zwykle symbolami A i B, to do ich wejść można doprowadzać jednocześnie np. dwa różne sygnały impulsowe. Na wyświetlaczu częstościomierza można wtedy odczytać odstęp czasowy między kolejnymi impulsami sygnałów A-B lub stosunek A/B szerokości impulsów tych sygnałów. Niektóre częstościomierze są wyposażane w trzeci kanał oznaczany symbolem C i służący do pomiaru częstotliwości „większych”, czyli np. w zakresie od 80 MHz do 3 GHz. Są też wersje zawierające tylko kanały A i C.

Wynik pomiaru częstotliwości jest wyświetlany na wielofunkcyjnym wyświetlaczu typ LED lub typu LCD (ciekłokrystalicznym) z podświetleniem. Ważnym parametrem jest w tym przypadku liczba wskaźników, czyli cyfr niezbędna do uzyskania potrzebnej rozdzielczości wskazania. Typowy, współczesny częstościomierz laboratoryjny ma wskaźnik o długości co najmniej ośmiu cyfr. Wyposażenie częstościomierza we wskaźnik o długości dziewięciu cyfr pozwala na uzyskanie rozdzielczości wskazania od 1 nHz do 10 Hz.

Sposoby pomiaru częstotliwości

Metoda pomiaru wykorzystywana przez częstościomierz zależy od wartości częstotliwości sygnału, który ma on mierzyć, i polega ogólnie rzecz biorąc na zliczaniu impulsów. Zależnie od zastosowanej metody są zliczane impulsy o częstotliwości mierzonego sygnału lub impulsy wzorcowe wytwarzane przez specjalny generator. Przy pomiarze częstotliwości „mniejszych” np. z zakresu od 0,01 Hz do 100 MHz wykorzystuje się metodę pośrednią, a przy pomiarze częstotliwości „większych” np. od 80 MHz do 3 GHz - metodę bezpośrednią. Obie te metody zostaną przedstawione w dalszej części artykułu.

– pomiar częstotliwości „większych”

Schemat blokowy częstościomierza przeznaczonego do pomiaru częstotliwości „większych” przedstawiono na rys. 1. Sygnał mierzony o nieznannej częstotliwości f_x jest doprowadzany do jednego z wejść bramki B po uprzednim wzmocnieniu i formowaniu w układzie UF na ciąg impulsów o takiej samej częstotliwości. Do drugiego wejścia bramki B doprowadza się impulsy sterujące pomiarem. Jeśli bramka jest typu AND, to przepuszcza ona sygnał wejściowy tylko wtedy, gdy na jej wejściu bramkującym jest wymuszony poziom wysoki. Realizuje się to, doprowadzając do tego wejścia bramki impuls sterujący. Szerokość T_p impulsu sterującego jest czasem pomiaru. W czasie otwarcia bramki impulsy o częstotliwości f_x są zliczane przez licznik L, a wynik pomiaru jest następnie przekazywany do układu sterującego wyświetlaczem W, i dalej na wyświetlacz. W trakcie pomiaru trwającego przez czas T_p licznik L zlicza n impulsów o szerokości T_x , stąd $T_p = nT_x$, czyli:



$$f_x = 1/T_x = n/T_p$$

Generator Gw wytwarza sygnał sinusoidalny, który zostaje następnie przekształcony w układzie formującym na ciąg impulsów o takiej samej częstotliwości. Po przejściu sygnału przez dzielnik (częstotliwości), częstotliwość sygnału impulsowego zostaje odpowiednio zmniejszona. Ostatnim stopniem w tym torze jest układ sterujący, którego zadaniem jest wytworzenie z sygnału impulsowego o podzielonej częstotliwości prostokątnego impulsu sterującego, doprowadzanego do drugiego wejścia bramki. Szerokość tego impulsu jest równa czasowi pomiaru T_p . Zmieniając T_p (zwykle 0,01, 0,1, 1, 10 s), zmienia się też odpowiednio podzakres wskazywania częstotliwości (Hz, kHz, MHz).

Dokładność czasów rozpoczęcia i zakończenia pomiaru, czyli dokładność procesu bramkowania i w efekcie dokładność pomiaru częstotliwości przez częstościomierz ma zasadniczy wpływ stałość i dokładność sygnału wzorcowego wytwarzanego przez generator Gw. Jeśli przy pomiarze częstotliwości np. 1000 Hz czas T_p (otwarcia bramki B) będzie równy 1 s, to w czasie tym licznik zliczy 1000 impulsów. Jeśli natomiast czas T_p będzie równy 1,1 s to - 1100. Błąd pomiaru wyniesie 10%. Widać stąd jak jest ważne, do uzyskania dużej dokładności pomiaru częstotliwości, wytworzenie precyzyjnego sygnału sterującego, stabilnego w czasie i przy zmianach temperatury otoczenia. Stąd też do stabilizowania sygnału z generatora sygnału wzorcowego wykorzystuje się w częstościomierzach rezonatory kwarcowe. Ważną rolę w układzie częstościomierza spełnia układ tzw. resetu, czyli kasowania. Wytwarza on impulsy zerujące licznikiem L, wymuszając na jego wyjściu stan 0, po zakończeniu pomiaru i wyświetleniu wyniku. Impulsy te muszą być doprowadzane do licznika L zanim zostanie wysterowana bramka B tj. zanim zacznie się nowy pomiar. Potrzebne do tego celu opóźnienie realizuje osobny układ. Oddzielnego omówienia wymaga układ formujący sygnał o częstotliwości mierzonej f_x . Układ ten formuje lub przekształca sygnał (np. sinusoidę) w ciąg impulsów o odpowiednim kształcie i amplitudzie akceptowanej przez licznik L. Jeśli amplituda sygnału wejściowego jest zbyt mała, to czułość licznika L może nie wystarczyć do wykonania pomiaru. Stąd też układ UF wzmacnia też sygnał mierzony do wartości, przy której licznik wykona pomiar poprawnie. Z kolei sygnały o amplitudzie zbyt dużej, są eliminowane przez tłumik sygnału wejściowego i nie zakłócają pracy licznika.

Wadą przedstawionej metody jest zależność dokładności pomiaru od mierzonej częstotliwości f_x i czasu pomiaru T_p , przy czym dokładność ta jest tym większa, im większa jest częstotliwość f_x i dłuższy czas pomiaru T_p . Ograniczeniem jest jednak szybkość działania licznika impulsów L. Stąd też pomiarze częstotliwości większych od ok. 500 MHz stosuje się mieszacze lub dzielniki obniżające zarówno częstotliwość sygnału mierzonego jak i wytwarzanego przez generator impulsów sterujących czasem pomiaru.

– pomiar częstotliwości „mniejszych”

Przy pomiarze częstotliwości „mniejszych” dokładność pomiaru pierwszą metodą maleje (w związku z rosnącym błędem zliczania), a czas niezbędny do zliczenia odpowiedniej liczby impulsów szybko rośnie. Na przykład, na pomiar i wyświetlenie wyniku pomiaru częstotliwości sygnału równej 10 Hz, z dokładnością $\pm 1\%$ trzeba czekać aż 100 sekund. Stąd też do pomiaru częstotliwości „mniejszych” stosuje się metodę pośrednią zamieniając miejscami tory doprowadzające sygnał mierzony i sygnał z generatora Gw, mierząc okres T_x zamiast częstotliwości f_x , a na koniec dopiero licząc odwrotność, czyli $f_x = 1/T_x$. Na rys. 2 przedstawiono schemat blokowy takiego częstościomierza. Sygnał o mierzonym okresie T_x jest doprowadzany po uformowaniu na ciąg impulsów i ew. odpowiednim wzmocnieniu do układu sterującego jednym z wejść bramki B. Szerokość tego impulsu T_p jest równa nT_x . Wartość n jest równa liczbie mierzonych okresów (1, 10, 100). Z kolei do drugiego wejścia bramki B jest doprowadzany po odpowiednim przetworzeniu sygnał z generatora Gw. Sinusoidalny sygnał wzorcowy z tego generatora jest również formowany w ciąg impulsów, lecz o okresie T_w i następnie podawany na wejście układu sterującego drugim wejściem bramki B. W czasie otwarcia tej bramki licznik L zlicza impulsy o okresie T_w . Czas, w którym bramka B jest otwarta jest równy nT_x . W tym czasie licznik zlicza N impulsów. Stąd wstępny wynik pomiaru, czyli T_x jest równy ilorazowi N/T_w przez n . Końcowy wynik, czyli częstotliwość f_x , jest odwrotnością wyniku wstępnego, czyli T_x . Operacja liczenia odwrotności jest wykonywana w układzie arytmetycznym włączonym między wyjście licznika L a wejście wyświetlacza. Na przykład mierząc częstotliwość 1 Hz, licznik zlicza impulsy z generatora Gw o częstotliwości 1 MHz. Bramka B jest otwierana przez sygnał mierzony

(bramkujący) co sekundę, na czas nT_x . W tym czasie licznik zlicza $N = 1000000$ impulsów. Układ arytmetyczny oblicza odwrotność i wartość liczbowa $0,000001$ MHz (1 Hz), jako końcowy wynik pomiaru f_x wysyła na wyświetlacz.

mgr inż. Leszek Halicki,
Labimed Electronics Sp. z o.o.