

POZNAJEMY PRZYRZĄDY POMIAROWE

Wszechobecne do niedawne multimetry z odczytem analogowym to już prawie historia. Przyrządy tego typu zostały już całkowicie wyparte przez multimetry cyfrowe. Stało się to w momencie gdy ceny mierników cyfrowych i analogowych stały się porównywalne. Mierniki cyfrowe umożliwiają pomiar z dokładnością i rozdzielczością, o której konstruktorzy mierników analogowych mogliby jedynie pomarzyć. To samo można powiedzieć o liczbie funkcji i zakresach pomiarowych. Również niezawodność mierników cyfrowych jest nieporównywalnie większa. Delikatny, mechaniczny "ustrój" pomiarowy mierników analogowych ulegał łatwo uszkodzeniu w wyniku np. zrzucenia ze stołu. Mimo to są dziedziny, w których mierniki analogowe są nadal niezastąpione.



nia sygnału tak, że napięcia lub prądy zbyt duże czy nawet niebezpieczne nie są w stanie uszkodzić przyrządu. Takie przyrządy mierzą już napięcie stałe do 1000V, a zmienne do 750V, zaś prąd stały i zmienny najczęściej do 10A.

Przełącznik obrotowy jest niewłaściwym elementem taniego multimetru. Sprężynki przełącznika dotykają bezpośrednio ścieżek na płycie drukowanej multimetru. Takie rozwiązanie, choć tanie, ma jednak tę wadę, że po pewnym czasie, w wyniku częstego przełączania następuje wytarcie ścieżek, utrata sprężystości sprężynek i w konsekwencji utrata styku. Przyrząd przestaje poprawnie mierzyć i wymaga często kosztownej naprawy. Warto o tym pamiętać używając tani multimetr cyfrowy.

Konstruktorzy multimetrów od dawna głowią się jak rozwiązać ten problem. Najprościej byłoby zlikwidować mechaniczny przełącznik obrotowy, a w to miejsce użyć np. kilka lub kilkanaście przycisków. Rozwiązanie takie próbowano już stosować i próbuje się nadal w nowych modelach multimetrów. Jednak nie wiadomo daleczego użytkownicy jak dotąd wybierają przede wszystkim multimetry z przełącznikiem obrotowym.

Pewnym rozwiązaniem problemu przełącznika (choć tylko do pewnego stopnia) jest zastosowanie automatycznej zmiany zakresów pomiarowych. Przełącznik obrotowy w takim multimetrze służy jedynie do wybrania właściwej funkcji pomiarowej. Specjalny układ nieustannie sprawdza poziom mierzonego sygnału i odpowiednio dobiera zakres na wyświetlaczu. Jednak takie rozwiązanie, nie powodując jednoczesnego obniżenia parametrów multimetru, jest w realizacji stosunkowo drogie. Dlatego też do niedawna niektórzy producenci, dbając o konkurencyjną cenę swoich wyrobów, stosowali w nich jedynie ręczną zmianę zakresów. W miarę postępu rozwoju techniki, obniżeniu kosztów produkcji (duże serie) coraz więcej multimetrów, choć są one jednak zawsze droższe, może pracować z automatyczną zmianą zakresów. Piszę może, bo ten rodzaj pracy ma swoich przeciwników. Narzekają oni, że dla ich potrzeb zmiana zakresu następuje zbyt wolno. Dla takich wymagających użytkowników multimetr ma specjalny przycisk, oznaczony zwykle symbolami Manual i Range. Naciśnięcie przycisku powoduje przejście w tryb pracy ręcznej, a każde następne naciśnięcie zmienia zakres pomiarowy.

Drogie multimetry cyfrowe to zwykle przyrządy z automatyczną zmia-

CZĘŚĆ 2

Multimetry cyfrowe

Funkcje i zakresy pomiarowe

Cena współczesnego multimetru cyfrowego jest wprost proporcjonalna do liczby funkcji, zakresów pomiarowych oraz dokładności i rozdzielczości mierzonych parametrów. Tani multimetr to przyrząd, który oprócz napięcia stałego (co najmniej do 600V) i prądu stałego, napięcia zmiennego (co najmniej do 500V) i rezystancji, mierzy jeszcze wzmocnienie tranzystora oraz wykonuje test diody. Najtańsze mierniki nie mierzą prądu (nawet stałego) i są wyposażone jedynie w dwa gniazda pomiarowe (COM i V). Niektóre nawet nie mają gniazd, a przewody pomiarowe są dołączone do nich na stałe.

Co rozgranicza tanie mierniki od tych, które moglibyśmy zaliczyć do klasy średniej. Można chyba przyjąć, że taką granicą jest możliwość pomiaru prądu zmiennego. Przyrządy należące do tej klasy mierzą także pojemność, rezystancję i częstotliwość. Oczywiście, im cena miernika jest niższa tym liczba zakresów pomiarowych odpowiadająca funkcji jest mniejsza a górny zakres miaru niższy. Przekroczenie zakresu pomiarowego jest sygnalizowane wyświetlaniem odpowiedniego symbolu lub cyfry 1. Układ zabezpieczenia przed zmianą zakresu pomiarowego jest zwykle wbudowany w układ przetwarzania





na zakresów, o wielu funkcjach pomiarowych, mierzących bardzo dokładnie i z dużą rozdzielczością. Konstruktorzy takich multimetrów szczególną wagę przykładają do pomiaru napięcia i prądu zmiennego. Wykonując pomiar napięcia zmiennego za pomocą typowego multimetru otrzymujemy dokładne wyniki do momentu, gdy mierzone napięcie zmienne ma kształt sinusoidalny. Problemy zaczynają się dopiero wtedy, gdy napięcie to ma np. kształt prostokąta, piły, a więc znacznie odbiegający od sinusoidy. Jeszcze gorzej jest, gdy w mierzonym przebiegu jest zawarta składowa stała. Parametrem, który świadczy o tym, jak daleko kształt przebiegu zmiennego odbiega od sinusoidalnego, jest współczynnik kształtu (ang. Crest Factor). Współczynnik kształtu jest stosunkiem wartości szczytowej przebiegu zmiennego do jego wartości skutecznej (ang. RMS). Jeżeli współczynnik ten mieści się w zakresie współczynników kształtów mierzonych przez multimetr pomiar będzie dokładny. Współczynnik kształtu

sygnału prostokątnego wynosi 1, sinusoidy - 1,414 a sygnału trójkątnego - 1,732. Są dostępne na rynku multimetry cyfrowe zapewniające prawidłowy pomiar przy współczynnikach kształtu mieszczących się od 1 do 7, a nawet więcej. Multimetry o najlepszych parametrach przy pomiarze napięcia i prądu zmiennego to przyrządy wyposażone w funkcję True RMS, a więc zapewniające prawidłowy pomiar odkształconego napięcia zmiennego.

Każde napięcie odkształcone, którego kształt odbiega od sinusoidalnego, można rozłożyć na wiele przebiegów składowych, o częstotliwościach różniących się od częstotliwości przebiegu podstawowego (np. 50Hz). Im lepszy przyrząd tym lepiej mierzy przebiegi także o wyższych częstotliwościach. Ten właśnie parametr stanowi miarę jakości pomiaru typu True RMS sygnału zmiennego. Jednak nie tylko funkcja True RMS, połączona z automatyczną zmianą zakresów pomiarowych, świadczy o wysokiej klasie przyrządu. Świadczy o tym także wyposażenie przyrządu w szereg funkcji dokonujących zbierania i przetwarzania da-

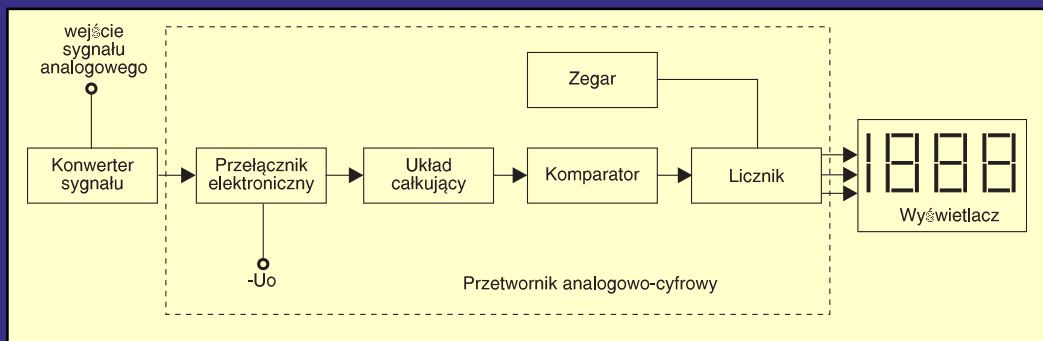
nych pomiarowych, tj. tzw. funkcji matematycznych. Multimetry wyposażone w funkcje matematyczne, oprócz dokonania pomiaru i pokazania jego wyniku na wyświetlaczu, magazynują wyniki pomiarów w pamięci a następnie, zależnie od wybranej funkcji, podają wartość minimalną, maksymalną, obliczają też wartość średnią z jednoczesnym podaniem liczby pomiarów użytych do obliczeń. Dalszym rozwinięciem tego typu funkcji jest tzw. pomiar względny (ang. Relative Mode). Pozwala on na uzyskanie wyniku pomiaru w stosunku do np. wartości średniej i wyrażenie go nie tylko w wartościach bezwzględnych, lecz także w procentach. Taka funkcja umożliwia np. łatwą segregację mierzonych elementów, stąd jej symbol TOL.

Warto też wspomnieć o bardzo przydatnej funkcji określanej angielskojęzycznym terminem Data Hold. Polega ona na "zamrożeniu" na wyświetlaczu wyniku pomiaru, wyświetlanego w momencie naciśnięcia przycisku. Dzięki temu można, unikając ew. pomyłki, odczytany wynik pomiaru zanotować, porównać z innym uzyskanym wcześniej itd. Podobnie rzecz ma się z funkcją Peak Hold, polegającą na zmianie wyświetlanego wyniku tylko wtedy, gdy aktualnie zmierzona wartość parametru jest większa od wyświetlanej.

Niektóre drogie multimetry oprócz rezystancji, pojemności mierzą też indukcyjność. Zwykle zakres pomiaru w tych przyrządach jest bardzo szeroki. Podczas gdy tanie przyrządy mierzą rezystancję do kilkudziesięciu MW, to drogie multimetry już do dziesiątek GW. Pomiar pojemności w tanich multimetrach sięga wartości ok. 100µF. Jednocześnie spotyka się drogie mierniki mierzące pojemności nawet rzędu 50mF.

O klasie multimetru świadczy nie tylko liczba funkcji i zakresów pomiarowych lecz także fakt wyposażenia go w szereg zabezpieczeń, ale o tym później.

Na zakończenie omawiania funkcji jakie spełniają współczesne multimetry, warto wspomnieć o poszukiwanej przez użytkowników funkcji umożliwiającej połączenie multimetru z komputerem klasy PC. W tym celu w obudowie przyrządu umieszcza się specjalne gniazdo (interfejs RS 232C), a z wyposażeniem miernika dostarcza się specjalny kabel połączeniowy oraz program na dyskietce. Dzięki sprzężeniu multimetru z komputerem (sprzężenie optyczne) można przysyłać wyniki pomiarów do komputera w celu dalszej obróbki, sporządzania raportu itp. Takie połączenie umożliwia też zdalne monitorowanie pomiarów.



Rys. 1.

Przetwarzanie analogowo-cyfrowe

Podstawowym i właściwie jedynym bezpośrednim pomiarem wykonywanym przez miernik cyfrowy jest pomiar napięcia stałego.

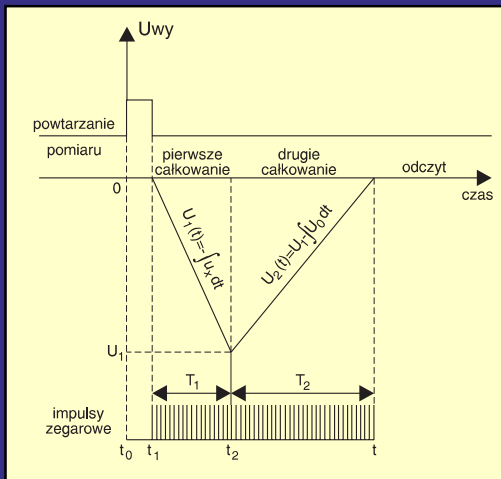
Wszystkie inne wielkości elektryczne, jak np. prąd, rezystancja czy pojemność są mierzone pośrednio w wyniku pomiaru napięcia.

Dotyczy to także wielkości nieelektrycznych, jak np. temperatury. I tak np. pomiar natężenia prądu polega na pomiarze napięcia na rezystancji o ściśle określonej wartości, a następnie obliczeniu wartości prądu z prawa Ohma, czyli podzieleniu wartości napięcia przez wartość rezystancji. Sercem każdego miernika cyfrowego jest układ elektroniczny przekształcający mierzone analogowe napięcie wejściowe na napięcie o postaci cyfrowej. Układ taki jest nazwany przetwornikiem analogowo-cyfrowym i jest wykonywany zwykle w postaci pojedynczego układu scalonego. Nowoczesny przetwornik analogowo-cyfrowy to obecnie prawie kompletny multimetr zawierający oprócz przetwornika układy sterujące wyświetlaczem, pamięcią i inne układy umożliwiające realizację wszystkich innych funkcji, w tym matematycznych.

Współczesne przetworniki analogowo-cyfrowe, stosowane w popularnych multimetrach cyfrowych, to układy należące do rodziny przetworników całkujących, przetwarzających napięcie do nich doprowadzone na szereg impulsów o czasie całkowitym wprost proporcjonalnym do tego napięcia.

W trakcie przetwarzania analogowo-cyfrowego, co pewien ściśle określony czas jest dokonywany pomiar wartości sygnału analogowego. Wyniki takich pomiarów (już w postaci cyfrowej) zwykle nazywać się próbkami. Jeżeli przebieg mierzony zmienia się wolno (mała częstotliwość) to częstotliwość próbkowania nie musi być duża. Inaczej jest gdy mamy do czynienia z szybko zmieniającymi się sygnałami. W takich przypadkach częstotliwość próbkowania musi być większa. Przyjmuje się, że jeżeli sygnał analogowy ma składniki o częstotliwościach z zakresu od DC (sygnał stały) do pewnej częstotliwości oznaczanej f_{max} , to częstotliwość próbkowania powinna wynosić $2f_{max}$. Większość popularnych multimetrów cyfrowych jest przeznaczona do pomiaru napięcia lub prądu zmieniającego się dość wolno. W takich przyrządach częstotliwość próbkowania może być mała. Jeżeli maksymalna częstotliwość sygnału analogowego wynosi np. 1Hz, to częstotliwość próbkowania 2 razy na sekundę jest zupełnie wystarczająca. Przy zbyt dużej częstotliwości próbkowania wskazanie na wyświetlaczu zmieniałoby się szybko, co w najlepszym wypadku byłoby męczące dla użytkownika multimetru, a w najgorszym czyniłoby odczyt nieczytelnym. W ogólności częstotliwość próbkowania 2,5 raza na sekundę całkowicie wystarcza w większości multimetrów.

Na rys. 1 przedstawiono typowy układ przetwornika analogowo-cyfrowego. Mierzony sygnał analogowy jest doprowadzany najpierw do przełącznika elektronicznego a potem do układu całkującego - tzw. integratora. Jednocześnie włącza się układ wytwarzający impulsy zegarowe. W pierwszej fazie pomiaru sygnał mierzony jest całkowany w integratorze. Napięcie na wyjściu integratora (rys. 2) maleje od poziomu zerowego do pewnej wartości



Rys. 2.

ci wyznaczonej przez czas zliczania impulsów T_1 . Największe napięcie odpowiada maksymalnemu wskazaniu miernika dla danego zakresu pomiarowego. Zakończenie "pierwszego" całkowania i przejście do drugiego odpowiada zliczeniu przez licznik pewnej ściśle określonej liczby impulsów, np. 9999. W tym momencie w układ przetwornika zostaje włączone źródło odniesienia o napięciu $-U_{OA}$ i licznik impulsów zegarowych jest wyzerowany. Rozpoczyna się druga faza całkowania, w której jest całkowane napięcie odniesienia. Napięcie na wyjściu integratora rośnie do zera (wartość bezwzględna napięcia maleje do zera). Jednocześnie licznik liczy impulsy zegarowe przez czas T_2 . Czas ten jest już zmienny i zależy od wartości mierzonego napięcia. Jeżeli np. mierzymy napięcie o wartości 1,999V (co odpowiada maksymalnemu wskazaniu na danym zakresie pomiarowym), to w czasie "drugiego" całkowania licznik zliczy przez czas T_2 1999 impulsów. Gdy napięcie wejściowe będzie równe 1V (połowa napięcia maksymalnego danego zakresu pomiarowego), to licznik zliczy 1000 impulsów przez czas T_2 o połowę krótszy od poprzedniego.

Wyświetlacze

Zdecydowana większość produkowanych obecnie multimetrów wykorzystuje wyświetlacze ciekłokrystaliczne (LCD - ang. Liquid Crystal Display). Wynika to z niewielkiego poboru energii przez wyświetlacz tego typu. Wadą ich jest to, że nie są widoczne w ciemności i wymagają wtedy dodatkowego podświetlenia. W multimetrach stacjonarnych, gdzie problem poboru energii jest sprawą drugorzędą, stosuje się wyświetlacze typu LED (ang. Light Emitting Diode) lub lampy fluorescencyjne (VFD - ang. Vacuum Tube Display). Jeżeli do





znikomego prądu pobieranego przez wyświetlacz LCD dodamy niewielki pobór prądu przez przetwornik analogowo-cyfrowy (wykonany w technice CMOS) otrzymamy wartość rzędu kilku mikroamperów. Przy okazji warto dodać, że konstruktorzy multimetrów, chcąc jeszcze bardziej zmniejszyć pobór prądu a tym samym przedłużyć czas "życia" baterii zasilającej, wyposażają multimetry w układy automatycznie wyłączające niektóre, najbardziej "prądożerne" układy miernika, gdy wskazanie miernika nie zmienia się przez ustalony czas lub gdy nie zostanie wybrana żadna nowa funkcja pomiarowa (np. przez przekreślenie przełącznika).

Parametry charakteryzujące wyświetlacz typu LCD to przede wszystkim liczba jego cyfr, czyli wskaźników siedmiosegmentowych, maksymalne wskazania wyświetlacza oraz wysokość jego cyfr. Aktualnie stosowane wyświetlacze mogą wyświetlać od 3 do 8 cyfr (to już w multimetrah stacjonarnych), a ponadto kropkę dziesiętną, przesuwającą się na wyświetlaczu w momencie zmiany

zakresu oraz znak polaryzacji plus lub minus. Najbardziej znaczący wskaźnik wyświetlacza, choć mogący wyświetlić maksymalnie cyfrę 9, wyświetla najczęściej tylko liczbę 1. Przyjęło się np. mówić, że wyświetlacz typu 3 1/2 cyfry to taki, który zawiera cztery wskaźniki siedmiosegmentowe, wyświetlające maksymalnie liczbę 1999, a typu 3 i 3/4 cyfry - wyświetlające maksymalnie liczbę 4000. Współczesne wyświetlacze ciekłokrystaliczne mogą jednak wyświetlać znacznie więcej niż jedynie cyfry. Do najważniejszych, ostatnich innowacji w tej dziedzinie należy zaliczyć umieszczenie na wyświetlaczu tzw. barografu analogowego, czyli linijki złożonej z kilkudziesięciu ciekłokrystalicznych segmentów. Barograf analogowy imituje wskazówkę miernika analogowego i jest "odświeżany" znacznie częściej niż wyświetlacz cyfrowy. Dla przykładu multimetr mający wyświetlacz o długości 3 i 3/4 cyfry, na którym wynik pomiaru jest uaktualniany 5 razy na sekundę, ma jednocześnie 128-segmentowy barograf analogowy uaktualniany 172 razy na sekundę. Nowoczesne wyświetlacze mogą wyświetlać także symbole funkcji pomiarowych i jednostek wielkości mierzonych, a ponadto komunikaty ostrzegawcze, np. o przekroczeniu zakresu pomiarowego, wyczerpanej baterii zasilającej, uszkodzeniu bezpiecznika czy błędnym wybraniu funkcji i inne. Komunikaty te są często zsynchronizowane z sygnałem dźwiękowym.

Ostatnio coraz modniejsze stają się wyświetlacze podwójne. Jeden wyświetlacz podaje wynik

jednego parametru, a drugi wyświetlacz, spełniający rolę pomocniczą (często o mniejszej liczbie cyfr) - drugiego mniej istotnego parametru. Na przykład mierząc napięcie sygnału zmiennego można na głównym wyświetlaczu otrzymać wartość napięcia, a na pomocniczym wartość częstotliwości tego sygnału.

Firmy produkujące wyświetlacze są obecnie w stanie wykonać wyświetlacz o dowolnym kształcie i dowolnej konfiguracji elektrod według życzenia klienta tj. firmy produkującej multimetry. Również liczba cyfr wyświetlacza może być dowolna, ograniczona jedynie rozmiarami urządzenia. Nowa generacja wyświetlaczy graficznych umożliwia przedstawienie na wyświetlaczu wykresów, informacji alfanumerycznych itp.

Zabezpieczenia

Zabezpieczenia we współczesnych multimetrah powinny zapewnić bezpieczną obsługę zarówno dla użytkownika jak i przyrządu. Zabezpieczenia chroniące użytkownika przed groźbą porażenia dotyczą nawet kształtu i długości końcówek przewodów pomiarowych. Zakończenia przewodów jak i ich izolację wykonuje się z materiału bardzo odpornego na przebicie elektryczne oraz na uszkodzenia mechaniczne, jak np. przepalenie izolacji gorącym grotem lutownicy (izolacja teflonowa). Same przewody powinny także umożliwić przepływ odpowiednio dużego prądu. Końcówki przewodów pomiarowych mają wystający mocno rant chroniący palce użytkownika.

Obudowy mierników są wykonane ze specjalnych odpornych mechanicznie tworzyw (niektóre z nich wytrzymują upadek z wysokości stołu). Specjalne uszczelki uniemożliwiają wnikanie wilgoci. Obudowa miernika powinna też zapewnić dużą wytrzymałość na przebicie (rzędu 6kV) między układem pomiarowym multimetru a obudową przy dopuszczalnym mierzonym napięciu 1000V. Dostęp do wnętrza multimetru powinien być możliwy jedynie przy użyciu śrubokrętu.

Wytrzymałość mechaniczną obudowy wzmacnia się nie tylko przez dobór odpowiedniego tworzywa. Zwiększają ją również różne wymyślne obejmy gumowe (holstery), pozwalające przymocować multimetr do paska spodni, zawiesić na ścianie, postawić na stole lub umieścić w nim końcówki przewodów pomiarowych.

Obudowy mierników powinny mieć oddzielną kieszeń na baterie uniemożliwiającą przedostanie się płynu z rozlanych baterii do wnętrza przyrządu.

Układ elektroniczny multimetru zabezpiecza się zwykle za pomocą bezpieczników. Coraz częściej są stosowane bardzo szybkie bezpieczniki wysokoenergetyczne. Umieszczenie przewodów pomiarowych w niewłaściwym gnieździe, np. przy pomiarze napięcia umieszczenia końcówki przewodu w gnieździe pomiaru prądu, jest sygnalizowane akustycznie i optycznie przez ukazanie się na wyświetlaczu odpowiedniego komunikatu. Pomiar zostaje wstrzymany, a układ wejciowy odcięty od dalszej części układu multimetru.

Leszek Halicki