

Fot. [www.honeysucklecreek.net](http://www.honeysucklecreek.net)

# Oscyloskopy

## O czym warto wiedzieć przed zakupem



*Mikrobiolodzy do podglądania tego, co dzieje się na poziomie komórek organizmów używają mikroskopów. Dla elektronika takim mikroskopem jest oscyloskop. Dzięki niemu inżynier potrafi zdiagnozować przyczynę wadliwego działania układu i sprawdzić to, co żadnym innym przyrządem nie jest możliwe. Jest narzędziem codziennej pracy i jako taki powinien spełniać określone wymagania.*

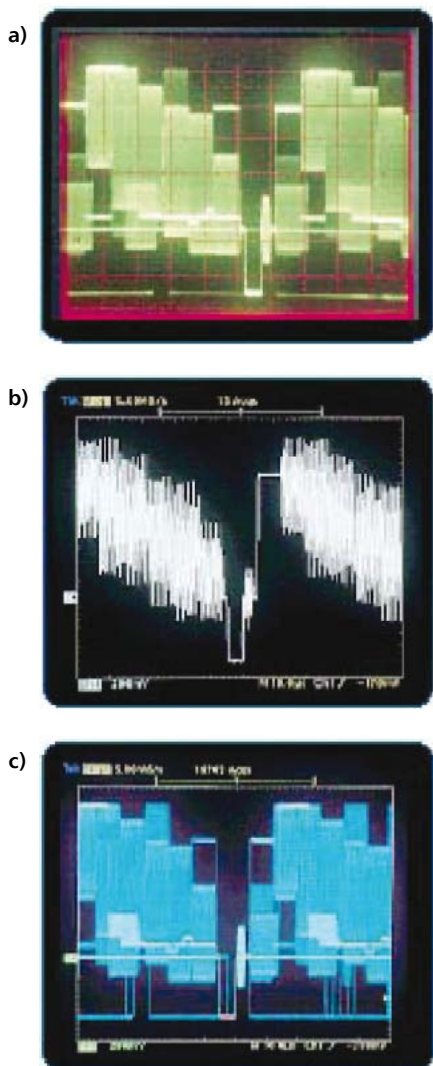
Oscyloskop – obok multimetru i generatora podstawowy przyrząd każdego elektronika, konstruktora. Bez niego trudno wyobrazić sobie uruchamianie i naprawy sprzętu elektronicznego. Oscyloskop jest bez wątpienia najbardziej uniwersalnym przyrządem pomiarowym stosowanym w elektronice.

Jeszcze w latach 80. XX w oscyloskopy były prawie nie do zdobycia. Do ich zakupu

zniechęcała tak cena, jak i praktycznie nieistniejąca sieć dystrybucji. Dziś cena pozostaje nadal jedną z głównych barier przy zakupie oscyloskopu. Wystarczy spojrzeć na statystyki sprzedaży różnych marek i różnych dostawców. Okazuje się, że najchętniej są kupowane modele najtańsze. Trudno się dziwić takiej strategii zakupów, ma ona jakies uzasadnienie ekonomiczne, jednak nierozważna próba

zaoszczędzenia „kilku” złotych często kończy się koniecznością nabycia w krótkim czasie wyższego modelu oscyloskopu, a więc również wydaniem dodatkowych pieniędzy. Oscyloskop jest przyrządem na tyle droгим, że decyzja o jego zakupie nigdy nie powinna zapadać pod wpływem jednej przypadkowo dostrzeżonej ulotki reklamowej. Wybór marki i typu powinien być poprzedzony gruntowną analizą potrzeb. Niemniej jednak, prawdopodobnie zawsze wystąpi problem pogodzenia funkcjonalności oscyloskopu z jego ceną. Pamiętajmy, że cena nie zawsze jest obiektywnym miernikiem przydatności przyrządu, szczególnie dotyczy to sprzętu markowego, w którym już sama marka ma pewną wartość.

Paradoksalnym utrudnieniem w podejmowaniu decyzji o zakupie jest kwestia

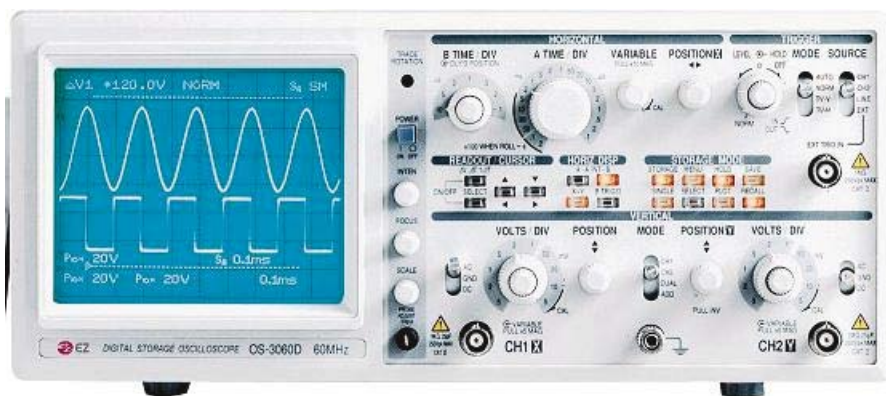


Rys. 1. Oscylogramy sygnału wideo wykonane oscyloskopem a) analogowym, b) cyfrowym, c) cyfrowym DPO

zmniejszających się cen oscyloskopów. Dość powszechny jest strach wśród kupujących, że wkrótce po zakupie danego oscyloskopu jego cena może spaść, albo w tej samej kwocie będzie można kupić przyrząd o lepszych parametrach. No tak... może tak być, ale w ten sposób nigdy nic nie kupimy. Gdy już pomimo wątpliwości zapada decyzja o kupnie, to pozostaje odpowiedzieć na pytanie – co kupić? Niżej spróbujemy Czytelnikom coś w tej kwestii doradzić, przyjmując założenie, że nie będą nas interesowały przyrządy z najwyższych półek.

### Analog czy cyfra, a może mix?

Analog? Jak to? W epoce ucyfrowiania wszystkiego, co się da? U części Czytelników powyższe pytanie wywołało zapewne zdziwienie i sądzą, że jest to propozycja wykonania kroku do tyłu, ale... Nie wszyscy elektrycy zajmują się układami cyfrowymi i systemami mikroprocesorowymi. Na przykład dla konstruktorów i serwisantów sprzętu telewizyjnego oscyloskop analogowy nadal w wielu przypadkach będzie przyrządem co najmniej takim samym, jak nie lepszym



Fot. 2. Oscyloskop analogowo-cyfrowy OS-3060D firmy EZ Digital

niż oscyloskop cyfrowy. Decyduje o tym sposób wyświetlania obrazu w klasycznej lampie oscyloskopowej. Zróżnicowany stopień intensywności przebiegu wyświetlanego na ekranie niesie dodatkową informację o badanym sygnale. Doświadczeni elektrycy potrafią ją odpowiednio zinterpretować. Na rys. 1a i 1b przedstawiono porównanie oscylogramów tego samego przebiegu zmierzonych oscyloskopem analogowym i klasycznym oscyloskopem cyfrowym. Jak widać różnica jest dość znaczna.

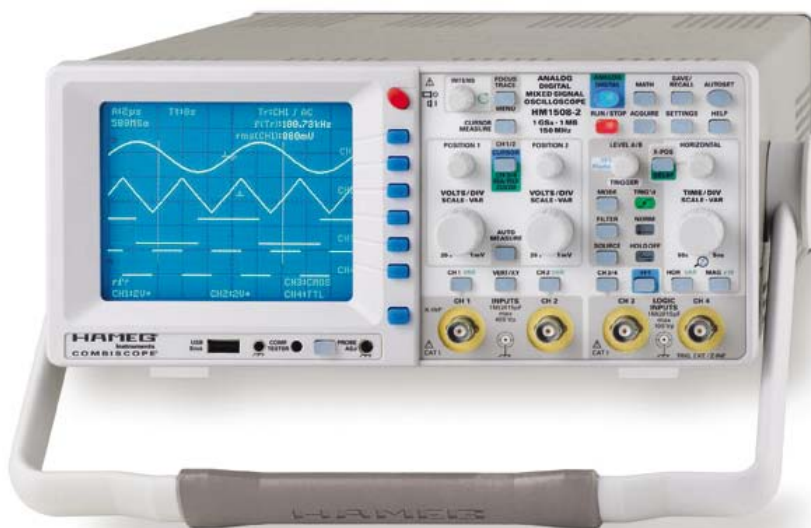
Najprostsze modele oscyloskopów analogowych o paśmie od kilku do ok. 25 MHz są dostępne w większości sklepów specjalistycznych w cenie kilkuset złotych.

Dla tych, którzy dysponują naprawdę dużymi sumami rozwiązaniem mogą być oscyloskopy DPO (*Digital Phosphor Oscilloscope*). Jest to jednak sprzęt z najwyższych półek cenowych, produkowany na razie tylko przez najbardziej liczące się na tym rynku firmy. Akronim DPO jest lansowany przez Tektronixa, pozostali producenci mają własne określenia oscyloskopów o podobnych właściwościach. Cechą odróżniającą oscyloskopy DPO od klasycznych jest możliwość wyświetlania przebiegów z modulacją jasności oscylogramu, a więc w sposób zbliżony do lampy oscyloskopowej (rys. 1c).

Alternatywą dla przyrządów analogowych mogą być przyrządy analogowo-cyfrowe. Zastosowano w nich rozwiązania znane z przyrządów cyfrowych. Sygnał wejściowy jest próbkowany w przetworniku A/C, ale sam oscylogram powstaje w klasycznej lampie oscyloskopowej, nie na wyświetlaczu TFT. Dzięki cyfrowej obróbce sygnałów możliwa jest realizacja analizy widmowej, która w klasycznych oscyloskopach analogowych była nieosiągalna. Cena takich oscyloskopów zależy głównie od parametrów zarówno części analogowej (pasmo analogowe), jak i cyfrowej (częstotliwość próbkowania) – jest porównywalna z oscyloskopami cyfrowymi. Przykładem oscyloskopów analogowo-cyfrowych mogą być: 60-megahercowy OS-3060D firmy EZ Digital (fot. 2) lub HM1508 firmy Hameg (fot. 3). Oba dostępne u polskich dystrybutorów.

### Marka czy no name

Określenie pewnej grupy przyrządów mianem „no name” może być mocno krzywdzące dla ich producentów. Niestety wielu użytkowników tak właśnie traktuje sprzęt klasy co najwyżej średniej, najczęściej produkcji chińskiej. Na przyrządy markowe użytkownicy dostają najczęściej lepsze warunki gwarancyjne i wsparcie techniczne.



Fot. 3. Oscyloskop analogowo-cyfrowy HM1508 firmy Hameg



Fot. 4. Oscyloskop UT2062C firmy UNI-T

Na ogół przyrządy takie mają lepsze parametry techniczne, można oczekiwać bardzo dobrej powtarzalności pomiarów. Można powiedzieć, że jednym z kryteriów pomiędzy sprzętem markowym a *no name* jest bariera możliwości technicznych. Pewnych pomiarów po prostu nie da się wykonać przy pomocy tanich, stosunkowo prostych oscyloskopów, a odpowiednie do tego przyrządy powstają wyłącznie u producentów dysponujących dużym zapleczem techniczno-finansowym. Dopóki jednak na rynku istnieje zapotrzebowanie na wyroby tańsze, dopóty będą one produkowane i sprzedawane.

Bariery techniczne nie są czynnikiem stałym. Producenci obserwują się wzajemnie, i wszystkie nowinki konkurencji starają się natychmiast zastosować u siebie, co najmniej w takiej samej, jak nie udoskonalonej wersji. Najczęściej, aby obejść ewentualne problemy z patentami i licencjami, nowe

rozwiązania są reklamowane pod inną nazwą. O tym, że słabsi stale gonią mocniejszych świadczy na przykład dość systematycznie zwiększająca się częstotliwość próbkowania w oscyloskopach cyfrowych. Jeszcze nie tak dawno nie była ona większa od 400 MSA/s, dzisiaj standardem jest 1 GSA/s, ale już w oscyloskopach średniej klasy coraz częściej można znaleźć modele z częstotliwością próbkowania równą 2 GSA/s. Przykładem może być przedstawiony na fot. 4 oscyloskop UT2062C o paśmie analogowym 60 MHz i częstotliwości próbkowania 1 GSA/s (przy wykorzystywaniu jednego kanału). Kolejnym progiem będzie zapewne zagwarantowanie takiej częstotliwości dla wszystkich jednocześnie używanych kanałów. Na razie można na to liczyć tylko w droższych oscyloskopach.

No tak, słabsi gonią mocniejszych, ale mocniejsi też nie stoją w miejscu. Czy to oznacza, że rynek podzieli się na renomowanych producentów przyrządów Hi-Tech i tych, których umownie nazwalibyśmy *no name*, produkujących przyrządy klasy średniej? Chyba nie, ponieważ sprzedaż przyrządów klasy średniej stanowi liczący się procent całkowitego zysku firm, nawet tych największych.

### Oscyloskop czy przystawka do komputera, a może handyscope?

W dawnych czasach, gdy oscyloskopy były wyłącznie przyrządami lampowymi, z wszelkimi klasyfikacjami w zasadzie nie było problemu. Wszystkie można było określić wspólnym mianem – desktop. Dziś sprawa nie jest tak prosta, gdyż mamy do czynienia z przyrządami dość znacznie różniącymi się konstrukcją, które w mniejszym lub większym stopniu mieszczą się w klasie oscyloskopów. Są to: klasyczne oscyloskopy biurkowe (desktop), przystawki oscyloskopowe do komputerów, małe, przenośne oscyloskopy typu *handyscope*. Oscyloskopami można również nazwać specjalizowane karty przetworników pomiarowych A/C, które po zainstalowaniu w komputerze przekształcają go w wysokiej klasy oscyloskop, różniący

się od swojego biurkowego pierwowzoru brakiem mechanicznych elementów regulacyjnych.

Każda z wymienionych wyżej grup ma tuzę zwolenników, ilu przeciwników, co wynika najczęściej z przyzwyczajenia nabytych podczas użytkowania posiadanego oscyloskopu. Jak wiadomo przyzwyczać można się do wszystkiego, ale przed decyzją o zakupie nowego przyrządu warto przekonać się o ewentualnych korzyściach, jakie mogą wiązać się z zmianą rodzaju oscyloskopu. Ideałem byłoby, gdyby przed zakupem istniała możliwość samodzielnego wypróbowania w praktycznym działaniu przynajmniej tych modeli, których kupno jest rozważane. Pamiętajmy, że oscyloskop będzie przyrządem używanym przez wiele lat i w tym czasie nawet najdrobniejsze jego niedoskonałości, nie mówiąc wręcz o niedoróbkach, staną się powodem ciągłych frustracji. Ich przyczyny mogą być bardzo różne, od niewygodnych rozwiązań ergonomicznych do ewidentnych błędów firmware'u (ten przynajmniej prawdopodobnie można będzie wyeliminować dzięki aktualizacji oprogramowania). Przykłady elementów, na które warto zwrócić uwagę będą wymienione w dalszej części artykułu.

Oscyloskopy w postaci przystawek do PC-ta, są często nazywane krótko oscyloskopami USB, a to z uwagi na interfejs, przez który przystawka komunikuje się z komputerem. Są to na ogół najprostsze wersje oscyloskopów cyfrowych, o stosunkowo niewielkim paśmie analogowym i małej częstotliwości próbkowania. Na fot. 5 przedstawiono bardzo ciekawy model takiego oscyloskopu. Jest to PCSGU250 firmy Velleman. Atrakcyjność tego przyrządu polega na tym, że łączy on w sobie funkcję oscyloskopu cyfrowego i generatora arbitralnego, co jest rozwiązaniem niespotykanym w klasycznych oscyloskopach.

Oscyloskop USB zajmuje na ogół mniej miejsca na biurku niż oscyloskop stacjonarny, lecz ergonomiczne zestawienie stanowiska pomiarowego może być jednak utrudnione ze względu na ograniczoną długość kabla USB. Zauważmy jednak obiektywnie, że problem długości kabelka USB wystąpi również podczas współpracy oscyloskopu stacjonarnego z komputerem. Wadą oscyloskopów – przystawek jest również ich obsługa wyłączenie przy użyciu myszki. Oprogramowanie takich oscyloskopów nie zawsze przewiduje stosowanie „gorących” kluczy, nie wspominając o możliwości ich definiowania przez użytkownika.

Według subiektywnej oceny autora pozycja oscyloskopów stacjonarnych (klasycznych) jest absolutnie niezagrażona. Oferują na ogół najlepsze parametry techniczne i największy komfort pracy. Możliwość współpracy z komputerem, a taką mamy za-



Fot. 5. Oscyloskop USB PCSGU250 firmy Velleman



Fot. 6. Handyskop HPS10SE firmy Velleman

zwyczaj, pozwala pracować w razie potrzeby na dużym ekranie. Wykorzystuje się wówczas monitor komputera, a wirtualny panel oscyloskopu jest tworzony w specjalnym oprogramowaniu uruchamianym na komputerze. Droższe modele oscyloskopów są wyposażane w wewnętrzną kartę SVGA lub XVGA z wyjściem monitorowym. Do takich oscyloskopów monitor można dołączać bezpośrednio.

Wykorzystując oscyloskop stacjonarny w autonomicznym trybie pracy inżynier nie musi angażować do pomiarów komputera, na którym w tym samym czasie może być uruchomione inne oprogramowanie, np. środowisko IDE wykorzystywane podczas projektowania jakiegoś systemu mikroprocesorowego. Wielozadaniowość systemów operacyjnych stosowanych w komputerach PC pozwala wprawdzie na pracę z kilkoma



Fot. 7. Skopometr DSO1060 firmy Hantek



Fot. 8. Oscyloskop MSO6034A firmy Agilent Technologies

równolegle uruchomionymi programami, ale konieczność ich przełączania może być na dłuższą metę męcząca.

Oscyloskopy stacjonarne oferują na ogół najlepsze parametry techniczne i funkcjonalne, ale niestety są najdroższe. Te z górnych półek są wręcz poza zasięgiem finansowym nawet średnich firm.

Oscyloskopy biurkowe mimo niewielkich rozmiarów raczej nie nadają się do pracy w warunkach terenowych. Do takich zastosowań przeznaczone są z założenia oscyloskopy ręczne (handyskopy). Z uwagi na dużą mobilność są one wykorzystywane głównie przez serwisantów sprzętu elektronicznego lub inżynierów obsługujących przemysłowe linie produkcyjne. W tej grupie można znaleźć oscyloskopy o bardzo zróżnicowanych parametrach. Najdroższe z nich mają parametry zbliżone do zaawansowanych modeli sprzętu stacjonarnego, są wyposażone w duże wyświetlacze TFT, mają szerokie pasmo analogowe i dużą częstotliwość próbkowania (patrz np. oferta Fluke'a), ale są też tanie modele o bardzo prostej budowie, wyposażone w wyświetlacz graficzny o rozdzielczości 128×64 punkty. Przykładem takiego handyskopu jest HPS10SE Vellemana (fot. 6).

Pokrewną do oscyloskopów grupą przyrządów pomiarowych są skopometry. Łączą one funkcje typowych multimetrów cyfrowych z oscyloskopami. Najprostsze z nich są montowane w obudowach charakterystycznych dla multimetrów i właściwie są to mierniki uniwersalne mające możliwość graficznej prezentacji wyników. Bardziej złożone modele przypominają już typowe handyskopy. Ich parametry techniczne są porównywalne z oscyloskopami cyfrowymi średniej klasy. Przykładem takiego skopometru jest DSO1060 firmy Hantek (fot. 7). Zawarty w nim 2-kanalowy oscyloskop ma pasmo analogowe 60 MHz, częstotliwość próbkowania jest równa 150 MSa/s, a rekord może pomieścić 32 k próbek.

Handyskopy są chętnie wykorzystywane w serwisach samochodowych i branży elektrotechnicznej. Wybierając model przyrządu należy w takim przypadku upewnić się, jaka

jest dopuszczalna wartość napięcia doprowadzanego do wejścia pomiarowego. Może się bowiem zdarzyć, że przepięcia występujące na elementach indukcyjnych przekroczą ten parametr. Szczególnie niebezpieczne są zakłócenia impulsowe, których oscyloskop nawet nie będzie w stanie wyświetlić, a które mogą poważnie uszkodzić oscyloskop. Warto również sprawdzić, czy oferowana szybkość próbkowania będzie wystarczająca do potrzeb. Nie należy przy tym popadać w zachwyty, gdy okaże się, że oscyloskop ma częstotliwość próbkowania 25 GSa/s..., ale w trybie ekwiwalentnym. Ten parametr będzie zupełnie niemiarodajny, jeśli będziemy mierzyć przebiegi nieokresowe, w szczególności przypadkowe zakłócenia impulsowe (*glitch*). W pomiarach, np. urządzeń automatyki przemysłowej będzie to sytuacja na porządku dziennym.

## Solo czy w duecie

Sentyment do urządzeń analogowych pozostaje u każdego elektronika w co najmniej średnim wieku. Od techniki cyfrowej jednak nie uciekniemy. Należy wręcz spodziewać się że, wraz z udoskonaleniem techniki wytwarzania elementów elektronicznych, będą również opracowywane coraz lepsze techniki i algorytmy przetwarzania sygnałów analogowych. W urządzeniach będziemy mieli zatem do czynienia z sygnałami *stricte* analogowymi i *stricte* cyfrowymi. Pytanie więc, czy do obserwowania takich sygnałów będzie się nadawał oscyloskop, czy trzeba szukać innych specjalizowanych przyrządów.

W ogólnym przypadku przebieg cyfrowy jest również przebiegiem analogowym, tzn. ma amplitudę, charakteryzuje się niezerowymi czasami narastania i opadania zboczy itp. Jeśli więc będą nas te parametry interesowały (a będą), to nie unikniemy konieczności użycia klasycznego oscyloskopu. Jeśli będzie to zwykły oscyloskop, to odczytanie „cyfrowej” treści oscylogramu będzie bardzo utrudnione, jeśli w ogóle możliwe. Rozwiązania tego problemu są dwa. W pierwszym, do zestawu pomiarowego konieczne będzie dołączenie

nie jeszcze jednego przyrządu – analizatora stanów logicznych. Przyrząd taki umożliwi dokładną analizę przebiegów na wielobitowych magistralach cyfrowych z zastosowaniem zaawansowanych trybów wyzwalania. Nie umożliwia jednak pomiarów wspomnianych wyżej parametrów analogowych, no i kosztuje tyle, co dobry oscyloskop. Analizatory stanów logicznych to temat na odrębny artykuł i tu nie będziemy go poruszać.

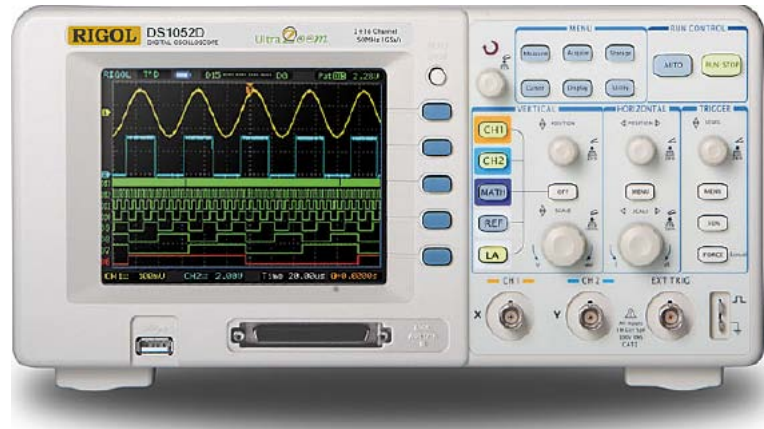
Drugim rozwiązaniem będzie zakup oscyloskopu sygnałów mieszanych, tzw. MSO – *Mixed Signal Oscilloscope* (fot. 8). Trzeba mieć jednak świadomość, że są to przyrządy o najbardziej skomplikowanej budowie ze wszystkich aktualnie oferowanych typów oscyloskopów, co ma wpływ na cenę zakupu. Jak można przypuszczać, są to przyrządy bardzo drogie. Wysoka cena jest jednak uzasadniona nie tylko ich doskonałymi parametrami technicznymi, ale również połączeniem *de facto* dwóch przyrządów w jednym (oscyloskopu i analizatora stanów logicznych).

Oscyloskopy MSO mają typowe wejścia analogowe (gniazda BNC) oraz specjalne gniazdo przeznaczone dla adaptera wielokanałowej sondy logicznej. Najdroższe modele są wyposażone w duży wyświetlacz XWGA lub WSVGA, na którym w komfortowych warunkach można jednocześnie obserwować przebiegi analogowe i cyfrowe. Zaletą takich oscyloskopów jest możliwość bezpośredniego odczytu stanu logicznego występującego na najczęściej stosowanych obecnie magistralach cyfrowych: I<sup>2</sup>C, RS232, CAN, LAN, itp. Wynik może być przy tym wyświetlany w postaci liczbowej lub graficznej. Oprócz szybkiej detekcji stanu, możliwe jest również ustawianie warunków wyzwalania zdefiniowanym wcześniej zdarzeniem na magistrali, np. wystąpieniem określonego adresu, czy konkretnej danej, a nawet ich sekwencji.

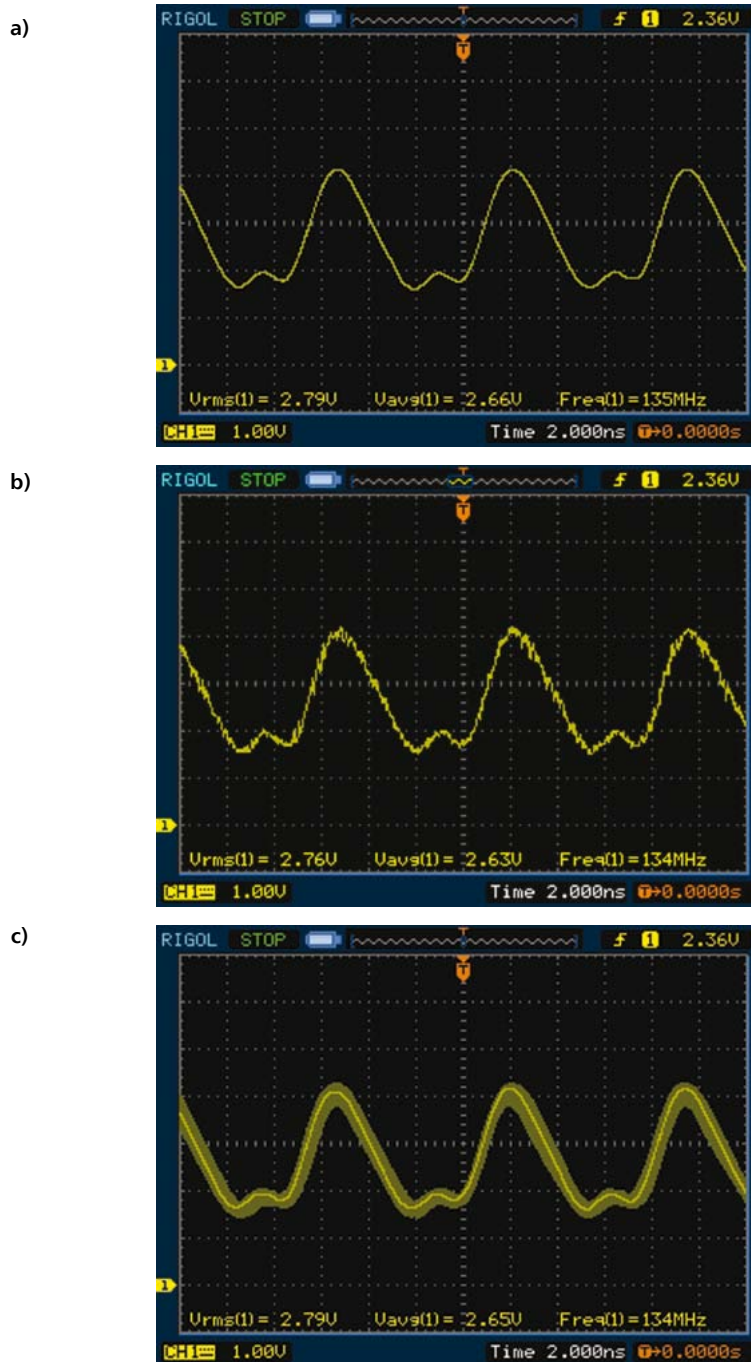
Oscyloskopy umożliwiające jednoczesną obserwację przebiegów analogowych i cyfrowych są również oferowane przez producentów sprzętu klasy średniej, takich jak RIGOL czy OWON. Nie są to oscyloskopy MSO w pełnym znaczeniu, głównie ze względu na bardzo ograniczone funkcje pomiarowe i dużo gorszy wyświetlacz, ale w mniej zaawansowanych projektach mogą być bardzo przydatne. Adapter, który jest wymagany do pomiarów sygnałów cyfrowych jest najczęściej oferowany jako opcja. Można go dokupić w dowolnym czasie, jeśli zajdzie taka potrzeba. Przykładem takiego oscyloskopu jest model DS1052D firmy RIGOL przedstawiony na fot. 9.

## Oscyloskop jest tak dobry, jak sonda pomiarowa

Sonda pomiarowa jest bardzo ważnym elementem wyposażenia oscyloskopu, często



Fot. 9. Oscyloskop cyfrowy DS1052D firmy Rigol z gniazdem dla adaptera analizatora stanów logicznych



Rys. 10. Obserwacja przebiegu oscyloskopem cyfrowym a) z próbkowaniem rzeczywistym, b) z próbkowaniem ekwiwalentnym, c) próbkowaniem rzeczywistym i włączoną persystencją

niedocenianym przez użytkowników. Starsi Czytelnicy pamiętają zapewne, jak to popularne kiedyś oscyloskopy rzadziej były wyposażane w „sondę” składającą się z kabla koncentrycznego zakończonego rozgałęzieniem na dwa kabelki zakończone wtykami bananowymi. We współczesnych oscyloskopach takie rozwiązanie jest zupełnie nie do przyjęcia.

Konstrukcja sond stosowanych w droższych oscyloskopach umożliwia automatyczne odczytywanie ich tłumienia przez firmware oscyloskopu i prawidłowe wyświetlanie jednostek pomiarowych na ekranie. Przez gniazda jest jednocześnie doprowadzane zasilanie sond czynnych. W prostszych oscyloskopach przestawienie jednostki pomiarowej po zmianie tłumienia sondy trzeba wykonać ręcznie w odpowiednim menu.

Bez względu na klasę oscyloskopu, przed pomiarami należy zadbać o prawidłową kalibrację każdej używanej sondy. Służy do tego specjalny trymer, który jest umieszczany albo w uchwycie sondy, albo we wtyku.

### Jak kupować?

Ceny oscyloskopów, mimo że systematycznie maleją, nadal są na tyle wysokie, żeby przed zakupem przyrzędu dokładnie przemyśleć jego wybór. Nie zawsze przed zakupem można sprawdzić w działaniu upatrzonego typu oscyloskopu, warto więc np. zasięgnąć opinii znajomego elektronika. Na pewno będzie on miał szereg uwag zarówno krytycznych, jak i pozytywnych, ważne że będą wynikały z doświadczenia zebranego w czasie eksploatacji przyrzędu. Nie mniej wniosków można wyciągnąć z dyskusji prowadzonych na temat sprzętu na różnych forach internetowych.

Jeśli nabywca nie ma wyrobionej opinii na temat danego typu oscyloskopu i stuprocentowej pewności o jego wyborze, odradzalibyśmy zakup przez Internet, bo to jednak trochę jak kupowanie kota w worku.

Poniżej zostaną przedstawione zagadnienia, na które warto zwrócić uwagę przed zakupem. Dotyczą parametrów technicznych oraz cech funkcjonalnych.

1. Pasma analogowe. Dobieramy je w zależności od rodzaju planowanych pomiarów, pamiętając o tym, że dla przebiegów cyfrowych należy zarezerwować co najmniej 5-krotny zapas pasma w stosunku do najwyższych częstotliwości sygnału cyfrowego.
2. Częstotliwość próbkowania. Można uznać, że standardem dla sprzętu klasy średniej jest w obecnej chwili 1 GSa/s, przy czym nadal jest sporo ofert na oscyloskopy o częstotliwości próbkowania 500 czy 400 MSa/s. Jest to jednak chyba dolna granica jaką można brać pod uwagę. Wraz ze zmniejszaniem częstotliwości próbkowania zmniejsza się dokład-

ność wychwytywania krótkotrwałych zakłóceń impulsowych, maleje dokładność wyświetlania szybkich zboczy przebiegów prostokątnych. Należy pamiętać, że podawana w parametrach technicznych częstotliwość próbkowania dla sprzętu klasy średniej najczęściej obowiązuje dla pojedynczego kanału pomiarowego i maleje dwukrotnie przy pracy z dwoma kanałami.

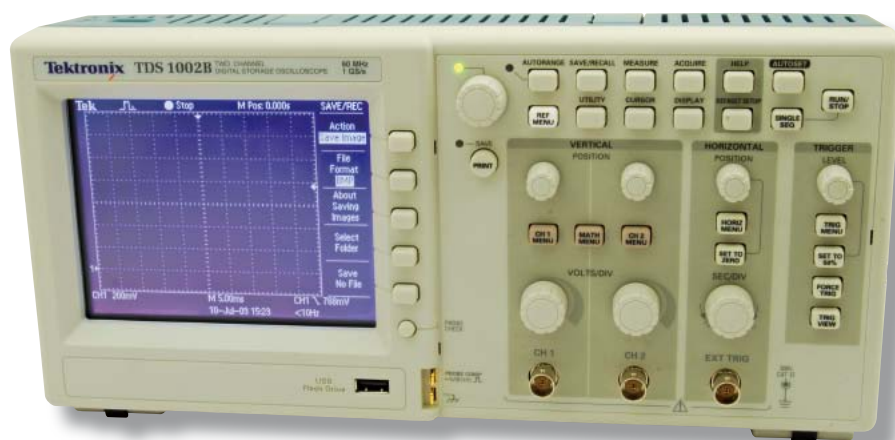
Dla podniesienia swojego prestiżu producenci chętnie podają również częstotliwość próbkowania w trybie ekwiwalentnym. Wartość tego parametru faktycznie może robić wrażenie, szczególnie w odniesieniu do ceny oscyloskopu. Przypomnijmy więc, że ekwiwalentny tryb próbkowania jest pewnym zabiegiem programowym, pozwalającym pozornie zwiększyć częstotliwość próbkowania wyłącznie przebiegów okresowych. W skrócie polega on na tym, że kolejne punkty wyświetlane na ekranie nie są uzyskiwane w jednym cyklu przebiegu, lecz są składane z kilku cykli. W każdym z nich moment próbkowania jest coraz bardziej przesunięty względem wyzwolenia, tak aby po złożeniu komplet danych dał obraz jednego okresu. Na **rys. 10** pokazano, jakie mogą być konsekwencje wykorzystywania trybu ekwiwalentnego. Badano tu wprawdzie sygnał okresowy lecz miał on dość duże fluktuacje. Przebieg zarejestrowany z próbkowaniem rzeczywistym przedstawiono na **rys. 10a**, a na **rys. 10b** przebieg uzyskany z próbkowaniem ekwiwalentnym. Można odnieść wrażenie, że w drugim przypadku jest on dość znaczenie zaszumiony, ale w rzeczywistości nie chodzi o szum, lecz o fluktuacje sygnału. Dla potwierdzenia, ten sam przebieg zbadano z próbkowaniem rzeczywistym i włączoną persistencją, dzięki czemu można dokładnie zaobserwować zakres fluktuacji sygnału (**rys. 10c**).

3. Długość rekordu. Jest to trzeci parametr uznawany za podstawowy dla oscylo-

skopów cyfrowych. Określa on pojemność pamięci, w której przechowywane są próbki zebrane w procesie akwizycji w celu wyświetlenia oscylogramu. Intuicyjnie wyczuwamy, że im większy jest rekord, tym większy fragment przebiegu można zapamiętać. Zwiększa się tym samym możliwy do analizy fragment przebiegu zarówno przed momentem wyzwolenia, jak i po nim. Generalnie jest to prawda, ale nie zawsze. Paradoksalnie możliwe są nawet przypadki, w których oscyloskopy z krótszym rekordem zapiszą w nim więcej danych w jednym wyzwoleniu niż oscyloskopy z długim rekordem. Dotyczą one jednak tylko oscyloskopów o bardzo szerokich pasmach (kilkaset megaherców), a więc mających bardzo krótkie podstawy czasu.

Z długością rekordu jest związany jeszcze jeden haczyk, mianowicie w niektórych oscyloskopach cały rekord jest współdzielony na wszystkie kanały, a więc zmniejsza się wraz z ich włączeniem. Parametr ten przyjmuje w praktyce bardzo szeroki zakres wartości. W najprostszych oscyloskopach jest to kilka kilo słów, w najbardziej zaawansowanych rekord mierzy się w giga słowach.

4. Wyświetlacz. Element ten decyduje w dużym stopniu o komforcie pracy użytkownika. Na monochromatycznym ekranie można niekiedy sporo zaoszczędzić. Różnica w obsłudze jest jednak taka, że kto raz dokona pomiarów oscyloskopem z kolorowym wyświetlaczem, do monochromatycznego już nigdy nie będzie chciał wrócić.
5. Funkcje matematyczne. Znaczenie sumowania, odejmowania, inwersji przebiegów jest drugorzędne. Najczęściej będzie wykorzystywana analiza widmowa (FFT). Należy jednak zwrócić uwagę na to, że funkcja FFT jest różnie implementowana przez poszczególnych producentów i w związku z tym dobrze jest upewnić się, że dana prezentacja wyników odpowiada naszym potrzebom.



Fot. 11. Oscyloskop Tektronix TDS1002B

Tab. 1. Zestawienie podstawowych parametrów oscyloskopów opisanych w artykule

Producent	Typ	Pasma	Częstotliwość próbkowania	Długość rekordu	Dostawca	Uwagi
Atten	ADS2062CA	60 MHz	1 GSa/s	4 k	TME <a href="http://www.tme.com">www.tme.com</a>	
Hantek	DSO1060	60 MHz	150 MSa/s	32 k (16 k dla 2 kanałów)	Atlantec <a href="http://www.atlantec.pl">www.atlantec.pl</a>	skopometr
Integron	ADS220	60 MHz	200 MSa/s	2000	Integron <a href="http://www.integron.pl">www.integron.pl</a>	przystawka USB
Jingce	JC2062CA	60 MHz	1 GSa/s	4 k	Tomsad <a href="http://www.tomsad.pl">www.tomsad.pl</a>	
Rigol	DS1052C	50 MHz	1 GSa/s	1 M (przy 500 MSa/s)	NDN <a href="http://www.ndn.com.pl">www.ndn.com.pl</a>	
Rigol	DS1062CA	60 MHz	2 GSa/s	10 k	NDN <a href="http://www.ndn.com.pl">www.ndn.com.pl</a>	
Tektronix	TDS1002B	60 MHz	1 GSa/s (1 i 2 kan.)	2500	Tespol <a href="http://www.tespol.com.pl">www.tespol.com.pl</a>	ekran mono
Tonghui	TDO2062B	60 MHz	1 Gsa/s	5 k	Biall <a href="http://www.biall.com.pl">www.biall.com.pl</a>	
Tonghui	TDO2102B	100 MHz	1 Gsa/s	5 k	Biall <a href="http://www.biall.com.pl">www.biall.com.pl</a>	
UNI-T	UT2062C	60 MHz	1 GSa/s (512 kSa/s)	1 M	Atlantec <a href="http://www.atlantec.pl">www.atlantec.pl</a>	



Fot. 12. Oscyloskop TDO2102B wyposażony w pojemnik na akcesoria

loskopowe. Element ten w dużym stopniu decydował o kształcie obudowy, która musiała mieć głębokość dostosowaną do długości lampy. Na górnej pokrywie obudowy było wystarczająco dużo miejsca do tego, by umieścić tam torbę na akcesoria – sondy, chwytaki, instrukcję obsługi itp. W ten sposób zawsze wszystko było pod ręką. Po latach, do podobnego pomysłu powróciła firma Tonghui, przy czym zamiast torby w swoich obecnie produkowanych oscyloskopach stosuje zamykany plastikowy pojemnik na akcesoria. Przykładem takiego rozwiązania jest oscyloskop TDO2102B wyposażony oczywiście nie w lampę oscyloskopową, tylko w kolorowy wyświetlacz LCD (fot. 12).

**Co kupić?**

No cóż, decyzja nie jest łatwa. Rynek jest bogaty w oferty na oscyloskopy praktycznie każdego rodzaju i klasy, od najprostszych analogowych o paśmie kilku megaherców, do super zaawansowanych cyfrowych o paśmie kilkunastu gigaherców. Z oczywistych względów niemożliwe jest więc porównanie wszystkich oscyloskopów w jednej kategorii. W tab. 1 wymieniliśmy oscyloskopy dostarczone do redakcji przez dystrybutorów, o cenie brutto do 3,5 tysiąca złotych, czyli będące w zasięgu możliwości zakupu przez małą lub średnią firmę, jak również na potrzeby przeciętnego elektronika konstruktora. Wymienione marki są dostępne na polskim rynku w bezpośredniej sprzedaży w salonach firmowych, albo w sklepach i na aukcjach internetowych.

Jarosław Doliński, EP  
[jaroslaw.dolinski@ep.com.pl](mailto:jaroslaw.dolinski@ep.com.pl)

6. Zapisywanie danych na nośnikach pamięci. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest zapisywanie danych w wewnętrznej pamięci Flash lub na dołączanym pendrivie. W niektórych oscyloskopach (np. w Tektronixie TDS1002B, fot. 11) nie ma możliwości nadawania własnych nazw zapisywanym plikom, są one generowane automatycznie np. w postaci „TEK0001”. Niektórym osobom może przeszkadzać konieczność równoległego prowadzenia notatek informujących o zawartości pliku.

Warto zwrócić uwagę na to, jakie parametry mogą być zapisywane. Najczęściej są to: zarejestrowane przebiegi, nastawy oscyloskopu i zrzuty ekranowe. Inne spotykane informacje zapisywane w pamięci zewnętrznej to nastawy fabryczne oscyloskopu, a także pliki CSV zawierające liczbową postać oscylogramu, które można analizować w komputerowych arkuszach kalkulacyjnych.

7. Ergonomia. Oscyloskop będzie naszym narzędziem pracy prawdopodobnie na wiele lat. Warto wybrać taki typ, który zapewni komfort pracy i wystarczające do potrzeb parametry techniczne. Na szczęście minęły już chyba czasy, kiedy to można było spotkać urządzenia wykonane z kiepskiego plastiku, z niewykończonymi odlewkami i wycierającymi się napisami. Zdarzają się jednak z pozoru błahie mankamenty, które później będą bardzo przeszkadzały w pracy.

W jednym z oscyloskopów USB zastosowano na przykład niezbyt dobre rozwiązanie związane z podziałką. Przyjęto w nim zmianę czułości w sekwencji 1-3-10. Oscylogram albo zajmuje niewielką jego część (przez co zmniejszona jest dokładność pomiarów), albo jest za duży i trzeba zmienić zakres.

Z chwilą pojawienia się oscyloskopów cyfrowych niemal całkowicie zaprzestano stosować w nich typowe lampy oscy-

R E K L A M A

**AVT1525 Sterownik silnika krokowego**

- zasilanie: 5...30 V DC
- obciążalność: do 1 A/kanal (cewkę)
- sterowanie silnikiem krokowym unipolarnym (5 lub 6 przewodów)

[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)