



Oscyloskop RIGOL DS1052E

Cyfrówki trafiają pod strzechy

Już od czasu, gdy pojawił się pierwszy oscyloskop cyfrowy, obserwujemy systematyczne zmniejszanie się różnicy cen tego typu przyrządów w porównaniu z oscyloskopami analogowymi. Ceny najprostszych modeli cyfrowych już dawno osiągnęły poziom akceptowalny dla amatorów, a już na pewno dla małych firm konstrukcyjno-produkcyjnych oraz serwisów. Użytkownicy powinni być zadowoleni, gdyż ten malejący trend na razie nie słabnie. Co najważniejsze, obniżaniu cen wcale nie towarzyszy zmniejszanie jakości wyrobów, wręcz przeciwnie, obserwujemy systematyczne poprawianie parametrów sprzętu. O ile na przykład jeszcze do niedawna standardem w sprzęcie klasy popularnej była częstotliwość próbkowania równa 400 GSa/s, to już dzisiaj możemy mówić, że wynosi ona co najmniej 1 GSa/s.

Chińczyk potrafi

Przyzwyczajaliśmy się, że gdy mówimy o sprzęcie pomiarowym, od razu myślimy o którejś z firm-liderów zlokalizowanych daleko za oceanem. Wydaje się, że swojej szansy nie wykorzystała swego czasu Japonia, która kiedyś kojarzona była z dynamicznym rozwojem gospodarczym i największymi osiągnięciami techniki, szczególnie elektroniki. Obecnie nastąpiła epoka również sko-

Zanim się spostrzeżliśmy, z rynku zniknęły taśmy magnetofonowe, kasety magnetowidowe można znaleźć już tylko na wyprzedażach. Klisz fotograficznych używają chyba tylko profesjonaliści, a i to w przypadkach naprawdę uzasadnionych. Na placu boju pozostały jeszcze oscyloskopy analogowe, ale ich dni też są raczej policzone. Technika cyfrowa staje się wszechobecna.

śnookich Chińczyków, chociaż oni niestety bardziej nastawiają się na ilość niż na jakość. Na szczęście nie jest to reguła, więc w masie wyrobów z napisem „Made in China” można znaleźć również takie, które mogą z powodzeniem konkurować ze znanymi markami. Przykładem są przyrządy pomiarowe firmy RIGOL, w szczególności oscyloskopy cyfrowe. Wiele z nich jest dobrze znanych Czytelnikom EP, gdyż opisywaliśmy je na łamach naszego pisma.

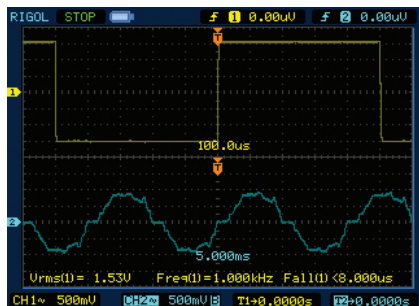
DS1052E – charakterystyka ogólna

Tym razem do redakcyjnych testów trafił oscyloskop DS1052E o paśmie analogowym 50 MHz i szybkości próbkowania 1 GSa/s. Jest to więc model klasy popularnej, którym można jednak rozwiązać dużą część typowych problemów inżynierskich. Najślabszą stroną opisywanego oscyloskopu jest częstotliwość pasma analogowego. Można przyjąć, że 50 MHz to dolna granica dla konstrukto-

rów zajmujących się współczesną techniką cyfrową, przy założeniu, że oscyloskop ma służyć do pomiaru sygnałów, a nie tylko do ich wykrywania.

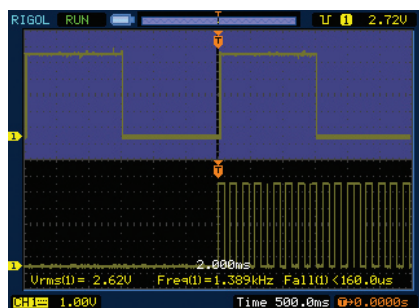
Niezwykle ważną z praktycznego punktu widzenia cechą oscyloskopu są tryby wyzwiania. Przy umiejętnym ich stosowaniu uzyskuje się stabilny obraz niezależnie od charakteru sygnału mierzonego. Pod tym względem DS1052E prezentuje się całkiem dobrze, ale wykorzystanie wszystkich możliwości wymaga nabrania pewnego doświadczenia. Warto więc poświęcić trochę czasu na praktyczne zapoznanie się z przyrządem, najlepiej poprzez przeprowadzenie kilku eksperymentów.

Klawisz *Auto*, pomaga dobrać nastawy oscyloskopu, ale nie zawsze robi to optymalnie. Najczęściej więc albo będziemy korygować zaproponowane nastawy, albo od początku robić to po swojemu. Pierwszym krokiem jest wybranie źródła wyzwiania.



Rys. 1. Wyzwalanie alternatywne

Może to być któryś z sygnałów mierzonych lub sygnał doprowadzony do wydzielonego gniazda umieszczonego na płycie czołowej. Następnie należy dobrać odpowiedni tryb wyzwalania, a więc: zboczem, szerokością impulsu, sygnałem wideo, szybkością narastania lub opadania zbocza. Dostępne jest również wyzwalanie alternatywne, pozwalające obserwować dwa nieskorelowane ze sobą przebiegi (rys. 1). W tym przypadku podstawa czasu działa niezależnie dla każdego kanału. Ustawianie wszelkich parametrów liczbowych, np. szerokości impulsu wyzwalającego, czy czasu narastania zbocza wyzwalającego odbywa się przy wykorzystaniu odpowiedniego menu i pokrętki-przycisku umieszczonego obok sekcji „Menu” na płycie czołowej. Warto zwrócić uwagę na dwa parametry, które w istotny sposób rozszerzają możliwości wyzwalania wymienione wyżej. Są one dostępne po naciśnięciu klawisza *Menu* w sekcji „Trigger”, a następnie wybraniu opcji „Set Up” za pomocą odpowiedniego klawisza funkcyjnego znajdującego się przy krawędzi ekranu. Interesujące nas opcje to: „Sensitivity” ustalająca czułość wyzwalania w zakresie od 0,1 działki do 1,0 działki oraz „Holdoff” pozwalająca ustawić czas podtrzymania. Regulacja czułości wyzwalania jest przydatna, gdy obserwujemy przebieg mocno zaszumiony. Może się bowiem zdarzyć, że na skutek szumu sygnał będzie osiągał poziom wyzwolenia wcześniej lub później niż sygnał czysty, co może się objawiać niestabilnością oscylogramu. Opcja „Holdoff” z kolei może być przydatna np. gdy obserwujemy wolnozmienne przebiegi prostokątne z paczką bardzo krótkich impulsów występujących np. na zboczach narastającym (rys. 2). Gdyby zastosować zwykły tryb wyzwalania, np. tylko na



Rys. 2. Wyzwalanie z zastosowaniem regulacji czasu podtrzymania

narastającym zboczach, wyzwalanie mogłoby następować na losowo wyłapanym zboczach tej paczki. W efekcie oscylogram nie byłby stabilny. Ustawienie czasu podtrzymania spowoduje natomiast, że po złapaniu pierwszego interesującego nas zbocza nastąpi wyzwolenie i jednocześnie wstrzymanie pracy układu wyzwalania. Jeśli czas podtrzymania będzie dłuższy od czasu trwania paczki impulsów, to kolejne wyzwolenie będzie mogło nastąpić dopiero w identycznym momencie następnego okresu przebiegu badanego, co zapewni uzyskanie stabilnego oscylogramu. Czas podtrzymania można ustawiać w przedziale od 100 ns do 1,5 s.

Obserwując możliwości oscyloskopów klasy popularnej coraz częściej spotykamy się z implementacją w nich różnych funkcji, które do niedawna były dostępne jedynie w przyrządach z najwyższych półek. Przykładem może być obserwacja „oczka” – często wykorzystywanej metody w pomiarach telekomunikacyjnych, umożliwiającej szybkie szacowanie jakości cyfrowego kanału transmisyjnego. Pomiar taki można wykonać oscyloskopem DS1052E po odpowiednim ustawieniu podstawy czasu i wybraniu wyzwalania na obu zboczach sygnału.

Kolejne możliwości stwarzają trzy typowe w większości oscyloskopów tryby wyzwalania, jakimi są: praca: „Auto”, „Normal” i „Single”. W trybie „Auto” wyzwalanie następuje z ustawioną szybkością i wybranymi opcjami, jednak gdy po pewnym czasie nie zachodzi zdarzenie spełniające warunki wyzwolenia, podstawa czasu zostaje uruchomiona automatycznie i na ekranie jest rysowana linia. Jest to informacja dla użytkownika, że układ pracuje poprawnie, tylko nie występują zdarzenia wyzwalające. Inaczej będzie w trybie „Normal”. Dopóki nie nastąpi zdarzenie wyzwalające, ekran pozostanie ciemny, jednakże po wyzwoleniu oscylogram pozostanie niezatarty aż do kolejnego zdarzenia wyzwalającego. Ten tryb ułatwia obserwację przebiegów nieokresowych, czy losowych zakłóceń. W trybie „Normal”, jeśli w dłuższym czasie nie zachodzi wyzwolenie, użytkownik może podejrzewać, że źle dobrał nastawy – ekran pozostaje martwy. W takiej sytuacji celowe jest użycie klawisza *Force*, który wymusi wyzwolenie i zostanie wyświetlony jakiś oscylogram. Pozwoli on zorientować się, czy na przykład sonda pomiarowa nie odłączyła się od układu.

Kolejnym udogodnieniem przydatnym np. do wychwytywania pewnych artefaktów przebiegu mierzonego jest ustawianie przesunięcia punktu wyzwalania (przedwyzwolenie i powyzwolenie). Oznacza to, że w określonym przedziale można obserwować historię przebiegu przed zdarzeniem wyzwalającym lub jakiś czas po nim.

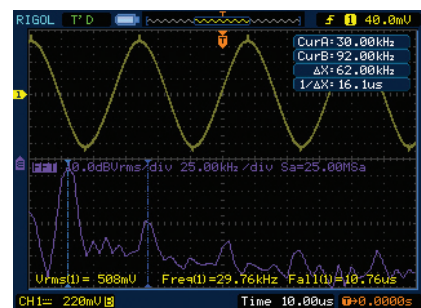
Na rys. 2 przedstawiono działanie ultra zoomu w jaki wyposażono oscyloskop

DS1052E. Funkcja ta jest włączana po naciśnięciu pokrętki-klawisza *Scale*. W wyniku jej działania ekran jest dzielony na dwie części. W górnej widać przebieg przysłonięty symetrycznie barwnymi polami (w zastosowanej na rys. 2 „skórcie ekranowej” mają one kolor niebieski). Fragment, który nie został przysłonięty jest wyświetlony w powiększeniu w dolnej części ekranu. Zmieniając podstawę czasu powodujemy zmianę skali powiększenia, natomiast klawiszem *Position* można przesunąć lupę po oscylogramie.

Kończąc tematykę związaną pośrednio z wyzwalaniem trzeba jeszcze wspomnieć o trybach akwizycji danych. Układ próbkujący oscyloskopu DS1052E pracuje z szybkością 1 GSa/s. Dotyczy to jednak tylko wykorzystywania jednego kanału. Jeśli włączone są dwa kanały pomiarowe, szybkość próbkowania spada do 500 MSa/s lub mniej. Normalna długość rekordu danych jest równa 16 kpkt dla pracy z jednym kanałem i 8 kpkt dla dwóch kanałów. Jest jeszcze tryb dodatkowy „Long Mem”, dla którego długość rekordu jest rozszerzana aż do 1 Mpkt (jeden kanał) lub 512 kpkt (dwa kanały), ale uwaga: w tym trybie szybkość próbkowania spada do maksimum 500 MSa/s. Parametr ten w trybie akwizycji „Normal” zależy od podstawy czasu. Wydłużając ją zmniejszamy szybkość próbkowania, aby zbyt szybko nie zapełnić bufora próbek. Może to powodować utratę krótkotrwałych artefaktów sygnału, takich które wystąpią między kolejnymi próbkami. Aby było możliwe ich wychwytywanie, należy przełączyć tryb akwizycji na „Peak Detect”. W tym trybie próbki są wprawdzie pobierane z szybkością zależną od podstawy czasu, ale układ próbkujący pracuje z pełną szybkością. Zauważone artefakty są więc rejestrowane i wyświetlane na oscylogramie.

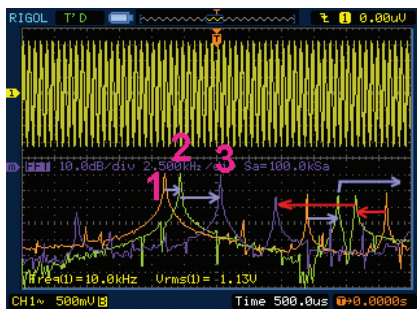
Fourier za darmo

Może nieco dziwić, że w czasach, gdy nawet amatorzy potrafią zaimplementować w swoich 8-bitowych mikrokontrolerach funkcję analizy fourierowskiej, jedna z firm samozwańczo tytułująca się liderem rynku (przez grzeczność nie będę wymieniał nazwy) oferuje funkcję analizy FFT jako dodatkową, płatną opcję. Chińczycy są w tym względnie

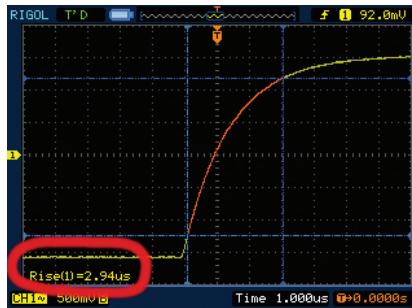


Rys. 3. Badanie widma sygnału z zastosowaniem analizy FFT

o wiele łaskawsi i w oscyloskopach RIGOL, również w opisywanym DS1052E, funkcja FFT jest standardowym narzędziem. Przykład jej działania przedstawiono na rys. 3. Widmo sygnału może być wyświetlane w skali logarytmicznej (decybelowej) lub liniowej (w voltach RMS). W zależności od charakteru mierzonego sygnału powinno być dobrane najbardziej odpowiednie dla niego okno. Okno prostokątne (typu Rectangle) jest stosowane do badania sygnałów sinusoidalnych o stałej amplitudzie i częstotliwości oraz do pomiarów szerokopasmowego szumu oraz zakłóceń impulsowych. Okno to charakteryzuje się bardzo dobrą rozdzielczością częstotliwości, kosztem dokładności amplitudy. Okna Hanninga i Hamminga są wykorzystywane dla sygnałów sinusoidalnych lub okresowych oraz do badania wąskopasmowego szumu o charakterze przypadkowym. Ponadto okna te można stosować do pomiarów zakłóceń o charakterze impulsowym, dla których poziom sygnału przed i po pojawieniu się zakłócenia znacznie się różni. Okna te lepiej oddają częstotliwość niż okno Rectangle, ale gorzej amplitudę. Okno Blackmana najwinniej odwziewiedla amplitudę, najgorzej zaś częstotliwość. Nadaje się do detekcji harmonicznycch wyższych rzędów, do badania przebiegów o jednej częstotliwości. Stosując funkcję analizy FFT należy mieć na uwadze to, że układ akwizycji oscyloskopu nie posiada filtru antyaliasingowego, stosunkowo łatwo więc uzyskać zupełnie nieprawdziwy wynik pomiaru. Taki przykład przedstawiono na rys. 4. Badano tu sygnał sinusoidalny, którego częstotliwość przestrajano w górę. Na nałożonym oscylogramie widać przesuwający się w prawo prążek główny (kolejne pozycje oznaczone cyframi 1, 2 i 3) i 2. harmoniczną, ale pojawił się też w widmie prążek, który przy zwiększaniu częstotliwości sygnału przesuwa się w lewo. Jest to właśnie fałszywa składowa alaiasingowa. Doświadczony użytkownik już na podstawie górnego wykresu powinien jednak zorientować się, że oscyloskop ma źle dobrane nastawy. Funkcja Fouriera nie jest jedyną matematyczną funkcją pomiarową oscyloskopu DS1052E. Oprócz niej do dyspozycji są i inne, typowe dla większości



Rys. 4. Przykład nieprawidłowych wyników wynikających z błędnie dobranych nastaw oscyloskopu



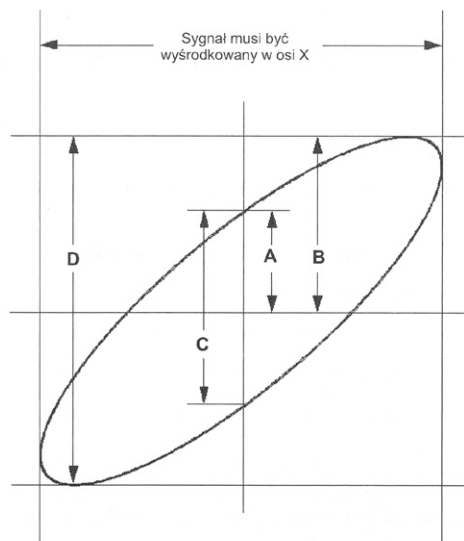
Rys. 5. Pomiar automatyczny czasu narastania; kursory włączone w trybie Auto wskazują charakterystyczne punkty przebiegu dla tego pomiaru

oscyloskopów, a więc: sumowanie, odejmowanie i mnożenie przebiegów.

Pomiary cyfrowe

W czasach oscyloskopów analogowych obliczanie wartości liczbowych poszczególnych parametrów przebiegu było sztuką samą w sobie. Często pomiar taki wymagał odpowiedniego ustawienia oscylogramu na ekranie, sztucznego skalowania i wielu wymyślnych trików. Dzięki nim wprawny inżynier mógł błyskawicznie, bez obliczeń na papierze, z wystarczającą dla niego dokładnością określić na przykład częstotliwość sygnału, czas narastania lub opadania zbrocza lub przesunięcie fazowe między dwoma sygnałami. Cała ta romantyka prysła z chwilą przejścia na oscyloskopy cyfrowe. Umożliwiają one bowiem dokonywanie pomiarów

na zasadzie podobnej do tej, która jest wykorzystywana w multimetrach cyfrowych. Takie automatyczne pomiary są uruchamiane w oscyloskopie DS1052E po naciśnięciu klawisza *Measure*. Z menu, które się po tym otwiera można wybrać te pomiary, które są potrzebne w danej chwili, aby wyniki nie przesłaniały oscylogramów. Pomiary dotyczą parametrów napięciowych i czasowych. Najczęściej będzie to wartość skuteczna lub *peak-to-peak* napięcia, częstotliwość, wypełnienie, czas narastania, przesunięcie między dwoma przebiegami, ale możliwości są o wiele większe (20 parametrów). Jeśli natomiast zachodzi potrzeba określenia wartości, których nie można zmierzyć automatycznie, pozostaje zastosowanie metod kursorowych. Jest zresztą pewien związek pomiędzy pomiarami kursorowymi, a automatycznymi, mianowicie gdy kursory zostaną włączone w trybie Auto, to po wybraniu któregoś z pomiarów automatycznych wskazują charakterystyczne punkty przebiegu wykorzystywane do obliczenia wartości liczbowej. Na rys. 5. przedstawiono pracę oscyloskopu z włączonymi kursorami w trybie Auto i włączonym pomiarem czasu narastania. Kursory poziome wskazują dwa punktu zbrocza, pomiędzy którymi mierzony jest czas. Jeśli nie jest uaktywniony żaden pomiar automatyczny, kursory są w tym trybie nieaktywne. Pozostałe dwa tryby pracy kursorów są bardzo podobne, przy czym w jednym z nich (Manual) można je dowolnie przesuwać na ekranie,



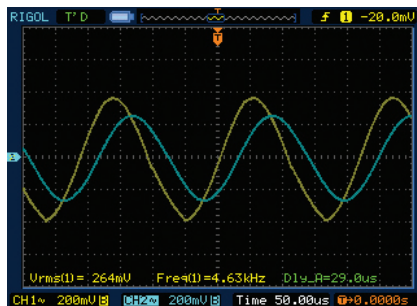
Rysunek 3-6
Metoda krzywych Lissajous (metoda elipsy) pomiaru przesunięcia fazowego

$\sin\Theta = A/B$ lub C/D , gdzie Θ = przesunięcie fazy (w stopniach) między dwoma sygnałami.
Z powyższej zależności otrzymujemy:

$$\Theta = \pm \arcsin(A/B) \text{ lub } \pm \arcsin(C/D)$$

Jeżeli główna oś elipsy znajduje się w I i III ćwiartce układu współrzędnych, kąt Θ musi zawierać się w przedziałach $(0 \sim \pi/2)$ lub $(3\pi/2 \sim 2\pi)$. Jeżeli natomiast główna oś elipsy znajduje się w II i IV ćwiartce, to kąt Θ musi zawierać się w przedziałach $(\pi/2 \sim \pi)$ lub $(\pi \sim 3\pi/2)$.

Rys. 6. Objaśnienie zasady pomiarów z użyciem krzywych Lissajous



Rys. 7. Cyfrowy pomiar przesunięcia dwóch przebiegów

natomiast w trybie Track ślizgają się tylko po oscylogramie.

Inne tryby pracy oscyloskopu

Nawiązując do wspomnianych wcześniej specyficznych pomiarów stosowanych w epoce oscyloskopów analogowych nie sposób pominąć krzywych Lissajous. Były one wykorzystywane np. do pomiarów zależności fazowych pomiędzy dwoma przebiegami. Wymagało to dołączenia jednego sygnału do układu odchylenia poziomego, a drugiego do układu odchylenia pionowego. Na ekranie powstawały charakterystyczne krzywe, na podstawie których owe parametry dawało się policzyć. Oscyloskop DS1052E umożliwia również taką pracę. Nie ma tu oczywiście mowy o układach odchylenia poziomego, czy pionowego, a wykorzystywane są po prostu oba dostępne kanały. Może trochę dziwić, że metoda krzywych Lissajous jest nadal dość dokładnie opisywana w instrukcji oscyloskopu (rys. 6), zachęcając do jej stosowania. Być może jest to spowodowane tym, że pomiar automatyczny nie podaje przesunięcia fazowego, a jedynie przesunięcie czasowe pomiędzy dwoma sygnałami (rys. 7).

Klasyczne oscyloskopy niezbyt dobrze nadają się do badania przebiegów bardzo wolno zmiennych. O wiele lepsze są do tego celu rejestratory pozwalające zapamiętać przebieg, a następnie oglądać go wielokrotnie off-line. Oscyloskop DS1052E dysponuje trybem Waveform Recorder, w którym z określoną częstotliwością można zapamiętywać oscylogramy mierzonych przebiegów. Można je następnie wielokrotnie odtwarzać. Parametrami rejestracji jest interwał czasowy między zapamiętywanymi ramkami oraz ich liczba, po przekroczeniu której rejestracja zostaje zatrzymana.



Rys. 8. Przekroczenie pola tolerancji w teście Pass/Fail

Trybem przypominającym pracę rejestratora jest również „Roll” uaktywniany klawiszem *Menu* w sekcji „Horizontal”. Oscylogram jest tworzony od prawej do lewej strony ekranu, a podstawa czasu musi być bardzo wolna: od 500 ms/dz do 50 s/dz. Rejestracja taka może być w dowolnym momencie przerwana i rozciągnięta pokręteł podstawy czasu. Nie jest niestety możliwe użycie funkcji Ultra Zoom.

Ostatni już tryb pracy oscyloskopu to test Pass-Fail. Służy on do określania czy badany sygnał mieści się w założonej tolerancji. Przed uruchomieniem testu należy zdefiniować korytarz, w którym powinien zmieścić się oscylogram. Każdorazowe przekroczenie pola tolerancji (rys. 8) będzie wyzwalalo alarm – sygnał dźwiękowy sygnalizujący pracownikowi, że badany układ nie spełnia parametrów i musi być odpowiednio dostrojony. W wyniku sytuacji alarmowej może też być wygenerowany impuls na wyjściu Pass/Fail. Jego zadaniem jest ewentualne automatyczne wstrzymanie pracy na stanowisku montażowym lub zainicjowanie innych działań. Wyjście jest optoizolowane, a napięcie podawane z zewnątrz nie powinno przekraczać 400 V.

Pamięć dobra i niekrótka

Większość cyfrowych przyrządów pomiarowych umożliwia zapamiętywanie wybranych informacji w pamięci. Zasada ta została zachowana również w oscyloskopie DS1052E. Odpowiednie procedury są ukryte pod klawiszem *Storage*. Dane mogą być zapamiętywane w pamięci wewnętrznej lub na pendrive dołączonym do gniazda USB znajdującego się na płycie czołowej. Mogą to być: zarejestrowane oscylogramy, nastawy oscyloskopu, zrzuty ekranowe (bitmapy),

pliki CSV zawierające liczbowe wartości próbek bieżącego oscylogramu, które można na przykład eksportować do Excela. Z pamięci wewnętrznej można również przywrócić wszystkie ustawienia fabryczne oscyloskopu. Operacje na plikach są możliwe dzięki wewnętrznemu menadżerowi. Wydaje się, że działa on nieco sprawniej niż w starszych wersjach oscyloskopów RIGOLA.

Dodatki

Oscyloskop może być dołączony do komputera PC za pomocą znajdującego się na wyposażeniu kabla USB. Połączenie takie oprócz wymiany danych z komputerem umożliwia również uaktualnianie oprogramowania firmowego oscyloskopu. Gniazdo USB device służy do bezpośredniego dołączenia drukarki, co umożliwia wykonywanie wydruków w standardzie PictBridge.

Warto również zwrócić uwagę na możliwość współpracy oscyloskopów firmy RIGOL z produkowanymi przez nią generatorami arbitralnymi. Przesłane do generatora kablem USB rzeczywiste sygnały zmierzone wcześniej oscyloskopem stają się wewnętrznymi przebiegami generatora, które można później wielokrotnie wykorzystywać w warunkach laboratoryjnych.

Na pochwałę zasługuje bardzo dobrze przetłumaczona i wydana w postaci broszurki instrukcja obsługi oscyloskopu. W jednym z rozdziałów przedstawiono przykłady pomiarów i konfiguracji przyrządu.

DS1052E to jeden z najtańszych oscyloskopów cyfrowych RIGOLA. Jak wykazuje obserwacja rynku, sprzęt tej klasy cieszy jednak sporym zainteresowaniem klientów. Cena odwzorowuje bowiem głównie parametry częstotliwościowe przyrządu i praktycznie nie zależy od funkcji pomiarowych, które są podobne jak w droższych modelach. Jeśli 50 MHz pasmo będzie wystarczające do planowanych prac, model ten na pewno jest wart polecenia.

Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

Dodatkowe informacje

NDN, 02-784 Warszawa, ul. Janowskiego 15
tel/fax: 022 641-61-96, 644-42-50, 641-15-47
e-mail: ndn@ndn.com.pl, www.ndn.com.pl

R E K L A M A

Konwerter USB-RS485

www.sklep.avt.pl

AVT-MOD03
Cena: 65zł