**Dodatkowe informacje:**

NDN-ZBIGNIEW DANILUK
 ul. Janowskiego 15, 02-784 Warszawa
 tel/fax: 22 641 61 96, 22 644 42 50, 22 641 15 47
 e-mail: ndn@ndn.com.pl, <http://ndn.com.pl/>

Oscyloskop Rigol MSO2102A

Oscyloskopy sygnałów mieszanych (MSO – Mixed Signal Oscilloscope), to wydzielona podgrupa oscyloskopów cyfrowych przeznaczonych do jednoczesnych pomiarów sygnałów cyfrowych i analogowych. Przyrządy tej klasy oferują wszyscy liczący się producenci aparatury pomiarowej. W artykule przedstawiamy oscyloskop MSO2102A produkowany przez Rigola.

Rigol od wielu lat zajmuje ważną pozycję na liście liczących się dostawców sprzętu pomiarowego. Jest to firma chińska, ale zarządzana i funkcjonująca w prawdziwie amerykańskim stylu. Polityka strategiczna Rigola okazuje się na tyle skuteczna, że wyroby tej marki od wielu lat zajmują względnie bezpieczną pozycję wśród konkurentów w swojej klasie.

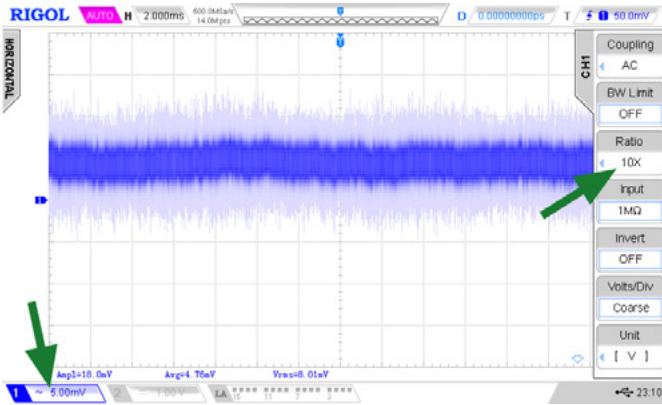
Utrzymanie pozycji na rynku wymaga jednak bezustannej pracy, ulepszania istniejących już wyrobów i wprowadzania nowych. Efektem takich działań jest m.in. rodzina oscyloskopów przeznaczonych do jednoczesnego badania sygnałów analogowych oraz cyfrowych. Przyrządy takie określane są jako Mixed Signal Oscilloscope, a powstały od tej nazwy akronim Rigol wykorzystał do oznaczenia serii. Znalazły się w niej m.in. takie oscyloskopy, jak: MSO2072A, MSO2072A-S, MSO2102A, MSO2102A-S, MSO2202A, MSO2202A-S, MSO2302A, MSO2302A-S. Oprócz nich są też przyrządy z rodzin

MSO1000 i MSO4000. Jak można się domyślić, oscyloskopy MSO2000 zajmują środkową półkę oferty. Biorąc pod uwagę relację cen do możliwości można je jednak zakwalifikować do wyrobów niskobudżetowych, co zresztą podkreśla sam producent w materiałach reklamowych. W rodzinie MSO2000 są oferowane modele o 3-decybelowym paśmie równym 70, 100, 200 i 300 MHz. Ponadto, oscyloskopy z literą „S” w oznaczeniu mają wbudowany generator arbitralny. Możliwości oscyloskopów MSO2000 przedstawiono w artykule na przykładzie modelu MSO2102A.

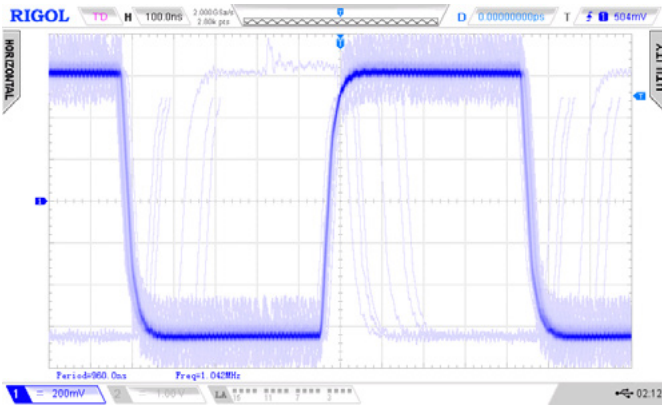
Charakterystyka ogólna oscyloskopu MSO2102A

Cyfra 1 w oznaczeniu oscyloskopu MSO2102A oznacza, że przyrząd ten ma 3-decybelowe pasmo pomiarowe równe 100 MHz. Kanaly analogowe mogą pracować w standardowej konfiguracji z wejściem o impedancji 1 M Ω /16 pF lub z wejściem 50-omowym. Wejście niskoo-mowe jest przydatne przy bezpośrednim dołączaniu źródła sygnału o impedancji wyjściowej 50 Ω za pomocą kabla koncentrycznego.

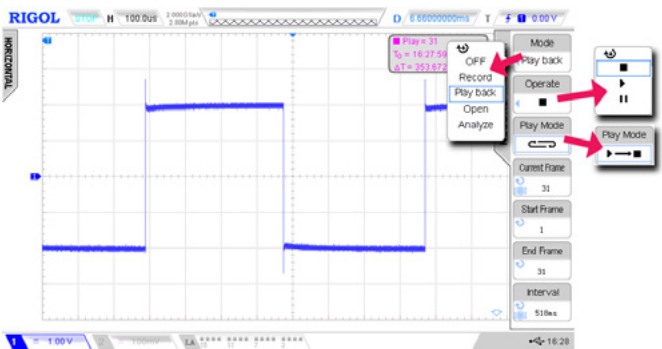
Użytkownik ma do dyspozycji dwa kanały analogowe, a po dołączeniu specjalnego adaptera także 16 kanałów cyfrowych. Kanaly analogowe są próbkowane z maksymalną szybkością 2 GSa/s, cyfrowe natomiast z prędkością 1 GSa/s. Duży nacisk położono na minimalizację szumów. Cel ten został osiągnięty z niezłym skutkiem, o czym świadczy najniższy zakres pomiarowy – 500 μ V/dz (z sondą 1:1). Oscyloskop jest jednak sprzedawany z sondami 10:1, bez możliwości przełączania stopnia podziału. Dla nich najmniejszy zakres pomiarowy jest równy



Rysunek 1. Szumy kanału pomiarowego oscyloskopu MSO2102A



Rysunek 2. Anomalia przebiegu widoczne dzięki dużej szybkości przechwytywania przebiegów



Rysunek 3. Menu funkcji rejestrującej przebiegi



Fotografia 4. Elementy sterujące płyty czołowej oscyloskopu wykorzystywane do rejestracji i odtwarzania przebiegów

5 mV/dz. Dla porównania – w popularnych oscyloskopach cyfrowych parametr ten nie jest na ogół niższy niż 20 mV/V (dla sond 10:1). Szumy zmierzone oscyloskopem MSO2102A przy zwartym wejściu przedstawiono na (rysunku 1).

Technologia Ultra Vision

Przebiegi wyświetlane na ekranie oscyloskopu MSO2102A są tworzone przez specjalnie zaprojektowany chipset wykorzystujący opracowaną i opatentowaną przez Rigola technologię Ultra Vision. Łączy ona rozwiązania sprzętowe i programowe realizowane przez układ. Zadania przerzucone z procesora oscyloskopu na chipset Ultra Vision obejmują m.in. inteligentne metody wyzwalania, selekcję próbek połączoną z bardzo efektywnym zapisywaniem danych w dużym banku pamięci dołączonym bezpośrednio do układu, generowanie podstawy czasu, obsługę rekordu akwizycji i pamięci wyświetlania, a także realizację testów Pass/Fail. Poszczególne zadania są wykonywane przez wydzielone bloki funkcjonalne. Układ ten współpracuje z zewnętrznymi przetwornikami analogowo-cyfrowymi, pamięciami, wyświetlaczem i oczywiście głównym procesorem oscyloskopu. Aby do maksimum wykorzystać dostępną pamięć, pozyskane w wyniku akwizycji dane podlegają kompresji, co można obrazowo porównać z działaniem znanych programów archiwizujących. Pamięć jest zapisywana tylko danymi istotnymi dla wyświetlanego oscylogramu.

Dzięki zastosowaniu technologii Ultra Vision możliwe stało się uzyskanie dużej szybkości przechwytywania przebiegów dochodzącej do 50000 wfms/s. Na oscylogramie przedstawionym na rysunku 2 można zaobserwować wyraźne anomalie przebiegu ujawnione dzięki dużej szybkości przechwytywania. Co więcej, przebiegi te mogą być rejestrowane w specjalnej pamięci w celu poddawania ich dalszej analizie. Taki tryb pracy jest wykorzystywany na przykład do poszukiwania anomalii badanych sygnałów. Rejestracja rozpoczyna się po naciśnięciu przycisku *Utility* i uruchomieniu polecenia „Record” (jednorazowe zapełnienie całej dostępnej pamięci) lub „Open” (ciągłe rejestrowanie z nakładaniem nowszych ramek na starsze). Sterowanie rejestracją odbywa się przez polecenia menu ekranowego (rysunek 3) lub za pomocą przycisków umieszczonych na płycie czołowej oscyloskopu (fotografia 4). Po zarejestrowaniu przebiegów można dokonać automatycznej analizy zapisanych danych. W tym celu wybiera się ramkę zawierającą poprawny fragment przebiegu i definiuje się ją jako ramkę wzorcową. Teraz, po naciśnięciu przycisku *Start* oscyloskop dokonuje porównania każdej zapisanej ramki z ramką wzorcową i dla każdej takiej pary oblicza procentową rozbieżność. Wynik tej operacji jest przedstawiany pod wykresem w formie graficznej jako pasek z paletą kolorów określających stopień dopasowania badanej ramki do wzorca. W ten sposób można szybko zorientować się czy w danym sygnale występują zakłócenia, czy są częste i jak są duże (rysunek 5). Jako element wzorcowy może być też użyta wirtualna ramką będąca uśrednieniem wszystkich zarejestrowanych. Tym samym analiza dokonuje porównania odchyłek poszczególnych ramek od przebiegu uśrednionego. Na zupełnie innej zasadzie przebiega ocena



Rysunek 5. Wynik analizy zarejestrowanego przebiegu

porównywania, gdy zostanie zastosowany test „Pass/Fail”. Elementem wzorcowym jest w tym przypadku maska określająca pole, w którym powinien mieścić przebieg badany (rysunek 6).

Kolejną korzyścią wynikającą z zastosowania technologii Ultra Vision jest wyświetlanie oscylogramów z 256-poziomą gradacją odcieni kolorów. Na rysunku 7 przedstawiono oscylogram generowanego cyfrowo szumu o teoretycznym rozkładzie amplitud jak na rysunku 8a. Jasność wyświetlania poszczególnych fragmentów oscylogramu jest proporcjonalna do częstości występowania poszczególnych amplitud w badanym sygnale. Niestety, w oscyloskopach Rigola nie ma funkcji wykreślającej histogram amplitud, który pozwoliłby weryfikować zgodność takiego szumu z założeniami teoretycznymi. Obserwując rozwój tej firmy można jednak przypuszczać, że w kolejnych modelach, albo wersjach oprogramowania funkcja taka pojawi się. Przykładową weryfikację przeprowadzono korzystając z innego, zewnętrznego narzędzia (rysunek 8b).

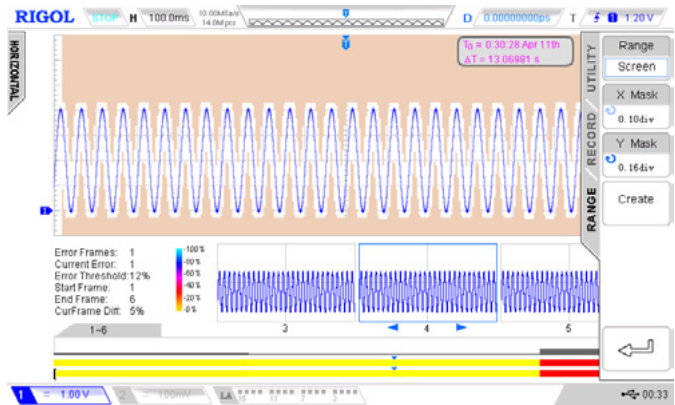
Mieszanka sygnałów

Oscyloskop MSO2102A ma dwa analogowe kanały pomiarowe. Podczas badania sygnałów cyfrowych zwykle zachodzi potrzeba obserwacji większej liczby przebiegów. Rozbudowa oscyloskopu o kilka, a nawet kilkanaście dodatkowych kanałów ze względów ekonomicznych nie wchodzi oczywiście w grę, tym bardziej, że w przypadku sygnałów cyfrowych nie zawsze konieczne są pomiary ich parametrów analogowych (czasów narastania/opadania, ewentualnych oscylacji, poziomów napięciowych itp.). W tym przypadku istotne są przede wszystkim zależności czasowe i relacje logiczne między poszczególnymi sygnałami. Aby spełnić te wymagania w oscyloskopach MSO są instalowane wydzielone gniazda dla sond cyfrowych. W oscyloskopie MSO2102A gniazdo takie znajduje się pod wyświetlaczem. Można do niego dołączyć dwie 8-kanałowe sondy logiczne (fotografia 9), co stwarza możliwość obserwacji do 16 przebiegów cyfrowych (rysunek 10). Wewnętrzny analizator stanów logicznych jest uruchamiany po naciśnięciu przycisku LA, znajdującego się w górnej części płyty czołowej oscyloskopu. Przyrząd ten pracuje niezależnie od analogowych kanałów pomiarowych oscyloskopu, co oznacza, że obydwa rodzaje przebiegów mogą być obserwowane jednocześnie. Jeśli sonda kanału analogowego zostanie dołączona do sygnału cyfrowego, na ekranie możliwe będzie obserwowanie rzeczywistego kształtu sygnału cyfrowego (rysunek 11).

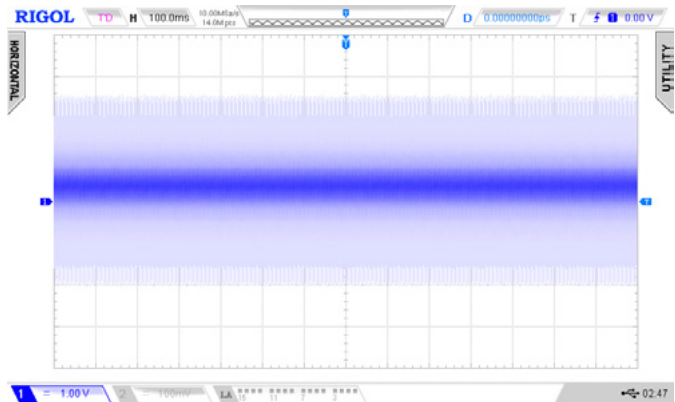
Sygnały przechwytywane przez sondę cyfrową mogą być wykorzystywane do ustalania warunku wyzwania. Są to zarówno typowe zdarzenia, takie jak określone zbocze, szerokość impulsu itp., ale mogą być też sformułowane sekwencje wzorcowe zdefiniowane jako kombinacja stanów na poszczególnych liniach cyfrowych. Trochę niezrozumiała jest przy tym zastosowana przez Rigola konwencja przyjmująca, że najmniej znaczące sygnały zajmują pozycje z lewej strony wzorca (rys. 11).

Analizowanie protokołów

Mimo, iż do analizowania protokołów nie są wymagane kanały cyfrowe, trudno sobie wyobrazić, aby oscyloskop MSO nie miał



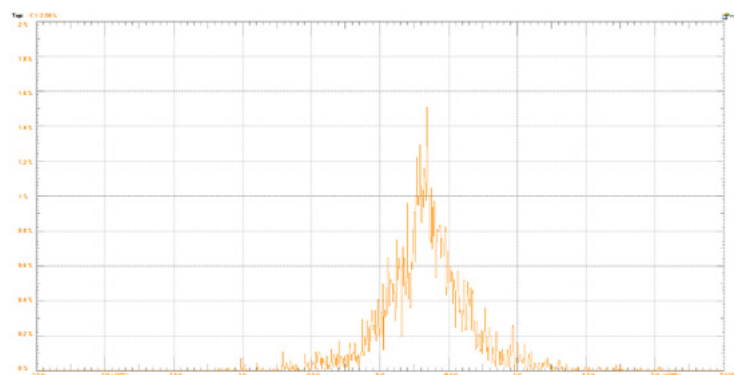
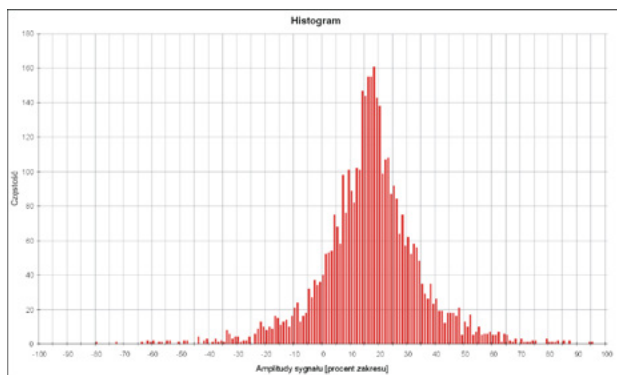
Rysunek 6. Analiza z użyciem testu Pass/Fail



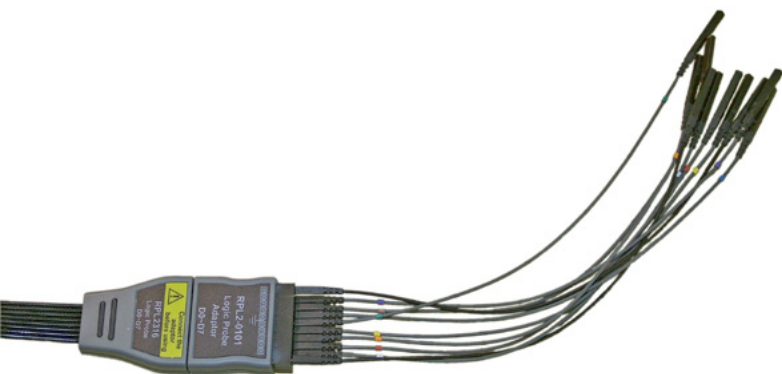
Rysunek 7. Oscylogram tworzony z 256-stopniową gradacją odcieni

zaimplementowanych odpowiednich narzędzi do tego służących. Niestety producenci, jakby zmówieni, nadal zachowują solidarne stanowisko dotyczące udostępniania odpowiednich funkcji użytkownikom, więc stanowią one opcjonalne rozszerzenie oprogramowania firmowego. Rigol daje użytkownikom darmową analizę interfejsu równoległego. Pozostałe, takie jak: RS232/UART, I²C, SPI, CAN są dodatkowo płatne.

Z analizą protokołów związane są dwa zagadnienia: dekodowanie danych przesyłanych badanymi interfejsami oraz wyzwianie zdarzeniami charakterystycznymi dla tych interfejsów. Możliwość takiego wyzwiania jest oczywiście bardzo przydatna i w wielu przypadkach znacznie ułatwia pracę. Czasami uchwycenie jakiejś specyficznej sytuacji nie jest w ogóle możliwe bez wybrania odpowiednio dobranego warunku wyzwolenia. W wielu przypadkach wystarczą jednak typowe tryby wyzwiania, jak zboczem czy szerokością impulsu. Na rysunku 12 przedstawiono zdekodowany pakiet danych przesyłanych interfejsem SPI. Przyjęto, że moment wyzwolenia powinien wystąpić na opadającym zboczach sygnału CS. Do ustawienia tego warunku można zastosować klasyczny tryb wyzwiania zboczem („Edge”) lub



Rysunek 8. Rozkład amplitudy badanego szumu: a) teoretyczny, b) zmierzony



Fotografia 9. 8-kanalowa sonda logiczna



Rysunek 10. Przebiegi cyfrowe wyświetlane na ekranie oscyloskopu MSO2102A



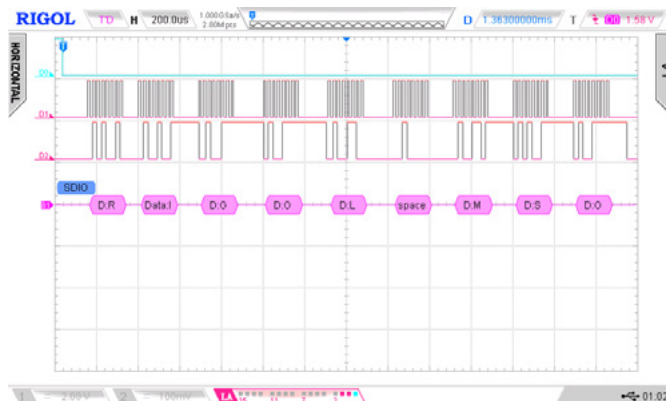
Rysunek 11. Jednoczesne wyświetlanie sygnałów cyfrowych i analogowych na ekranie oscyloskopu MSO2102A

wyzwalanie typu „SPI” z opcją wybierającą zdarzenie „CS”. Zasadą ta dotyczy również innych protokołów, przy czym dla trybów wyzwalania takich jak RS232, I2C, SPI, CAN, a nawet USB pojawiają się charakterystyczne dla nich zdarzenia, np. wykrycie bitu startu, wystąpienie błędu, rozpoznanie adresu urządzenia, wystąpienie konkretnej danej, wykrycie określonego typu ramki itp. Należy jednak pamiętać o tym, że po pierwsze do wyzwalania może być użyty tylko aktywny kanał, po drugie w oscyloskopie musi być zainstalowana odpowiednia opcja wyzwalania.

Pomiary

Oscyloskop MSO2102A ma całkiem spore możliwości pomiarów parametrów badanych sygnałów. Generalnie wykorzystywane są do tego trzy grupy narzędzi:

Pomiary automatyczne (tzw. One-key). Są to pomiary inicjowane przyciskami rozmieszczonymi wzdłuż lewej krawędzi wyświetlacza. W ten sposób można mierzyć 29 parametrów związanych z czasem lub amplitudą sygnału. Są też dwie opcje łączące amplitudę i czas,



Rysunek 12. Zdekodowany pakiet danych przesyłanych interfejsem SPI

używane do obliczania powierzchni wybranych fragmentów wykresu. Ponadto może być włączany na stałe specjalny licznik (tzw. Frequency Counter) wykorzystywany do precyzyjnego pomiaru częstotliwości przebiegu z wybranego kanału analogowego lub cyfrowego.

Wyniki pomiarów automatycznych są umieszczane tradycyjnie pod oscylogramami, a po wybraniu opcji „All” w tabelce przykrywającej oscylogram. Uzupełnieniem pomiarów automatycznych są statystyki i historia.

Pomiary kursorowe. Ten rodzaj pomiaru jest dostępny w każdym oscyloskopie cyfrowym. W modelu MSO2102A kursory mogą być przypisywane do wszystkich dostępnych kanałów analogowych i cyfrowych, a także do wirtualnych kanałów matematycznych. W oprogramowaniu oscyloskopu przewidziano także obsługę kursorów przy pracy w trybie X-Y (rysunek 13). Po wybraniu opcji „Manual” kursory są ustawiane w dowolnym położeniu za pomocą pokrętła uniwersalnego, ale wybierając tryb „Trace” można je dowiązywać do przebiegów.

Operacje matematyczne to kolejne, specyficzne narzędzie pomiarowe. Na przykład po dołączeniu do jednego kanału sondy napięciowej a do drugiego sondy prądowej i zastosowaniu operacji mnożenia dokonywany jest *de facto* pomiar mocy. Na ekranie jest wykreślany wykres mocy chwilowej w funkcji czasu (nawiasem mówiąc, w wersji oprogramowania 00.03.00.SP1 niezbyt poprawnie), ale po włączeniu automatycznego pomiaru np. wartości skutecznej z kanału matematycznego uzyskujemy skuteczną moc zmierzoną. Kolejne rozszerzenie możliwości pomiarowych uzyskuje się po zastosowaniu zaawansowanych operacji matematycznych, takich jak całkowanie, różniczkowanie, logarytmowanie, pierwiastkowanie, funkcje trygonometryczne i wykładnicze.

Do tej grupy obliczeń zaliczane są ponadto operacje logiczne i funkcja FFT.

Wyzwalanie

Tryby wyzwalania i akwizycji to czynniki w znacznym stopniu decydujące o przydatności oscyloskopu do określonych zadań. Zdając sobie z tego sprawę konstruktorzy Rigola znacznie powiększyli liczbę trybów wyzwalania w oscyloskopie MSO2102A. Można wręcz zastanawiać się czy oby na pewno w przyrządach tej klasy są one potrzebne i czy będą umiejętnie wykorzystywane. Podobnie, jak w przypadku opcji dekodowania protokołów, część trybów wyzwalania jest dostępna dopiero po wykupieniu opcji rozszerzających oprogramowanie. Zakładając, że w oscyloskopie jest zainstalowany cały pakiet rozszerzeń użytkownik ma do dyspozycji 12 trybów wyzwalania plus ewentualne opcje związane z analizą protokołów.

Źródłem wyzwalania są sygnały ze wszystkich fizycznych kanałów pomiarowych oscyloskopu, a także z gniazda wyzwalania zewnętrznego. Część trybów wyzwalania jest powszechnie stosowana nawet w prostszych modelach oscyloskopów, ale są też takie, które można było spotykać tylko w modelach najbardziej zaawansowanych. Mamy zatem tryby wyzwalania: zboczem, impulsem (szerokością impulsu),

zakłóceniami typu „Runt”, „Windows”, „Nth Edge”, nachyleniem zbroca, wideo (HDTV), wzorcem („Pattern”), „Delay”, „Time Out”, „Duration Trigger”, „Setup/Hold” oraz tryby związane z analizą protokołów.

Akwizycja

Można zadawać sobie pytanie, w jakim stopniu wybór trybu akwizycji ma wpływ na wygląd oscylogramu. Wszak sygnał oryginalny pozostaje niezmienny, niezależnie od nastaw. Przebiegi są jednak tworzone na ekranie w oparciu o dane zapisywane w rekordzie akwizycji, a później w pamięci wyświetlania. Operacja ta jest jednak zależna od wybranego trybu akwizycji, więc jakiś wpływ na pewno istnieje. Czym zatem należy kierować się przy wyborze trybu akwizycji?

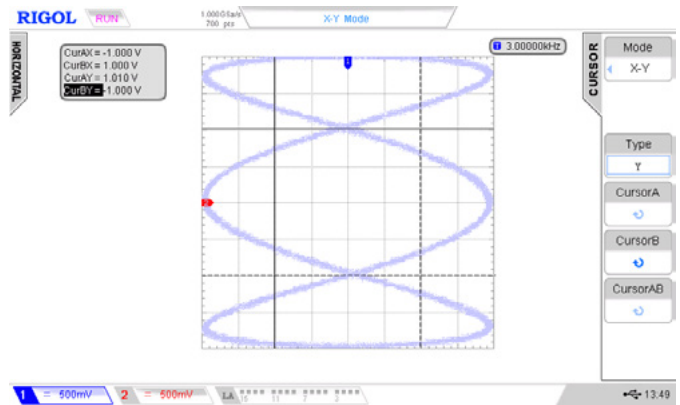
Tryb „Normal” jest najczęściej wykorzystywany podczas pomiarów oscyloskopowych. Próbkę sygnału są pobierane do rekordu akwizycji z szybkością zależną od aktualnej podstawy czasu i długości rekordu. Fragmenty sygnału pomiędzy próbkami są odrzucane.

W trybie „Peak Detect” układ akwizycji pracuje z maksymalną dla oscyloskopu szybkością, ale dla każdego interwału próbkowania (obliczanego jak dla trybu „Normal”) wyznaczana jest minimalna i maksymalna wartość uzyskana z układu akwizycji. Oscylogram jest rysowany przez łączenie tych wartości dla każdej próbki. Oscylogram jest więc bardziej rozmazany, ale uwzględnia krótkotrwałe piki sygnału, które w trybie „Normal” znalazłyby się między próbkami, tym samym nie byłyby uwzględniane.

„Average” jest trybem wykorzystywanym najczęściej do eliminacji szumu występującego w sygnale. Oscylogram jest rysowany na podstawie uśrednionych próbek z wielu cykli akwizycji. Liczba uśrednień jest parametrem dla tego trybu akwizycji i mieści się w zakresie od 2 do 8192 (jako wielokrotność 2). Im większa będzie liczba uśrednień, tym dłuższy będzie czas stabilizowania się wykresu.

„High Resolution” to również tryb uśredniający, a więc wygładzający przebieg. Jest używany przede wszystkim wtedy, gdy szybkość próbkowania jest większa od szybkości zapisu próbek w rekordzie akwizycji. W odróżnieniu od trybu „Average” uśredniane są wszystkie próbki mieszczące się pomiędzy momentami próbkowania wynikającymi z podstawy czasu i długości rekordu.

W oscyloskopie MSO2102A układ akwizycji próbkuje z maksymalną szybkością 2 GSa/s dla kanałów analogowych i 1 GSa/s dla kanałów cyfrowych.



Rysunek 13. Pomiary kursorowe w trybie X-Y

Inne cechy oscyloskopu

Aktualnie można wyróżnić pewną grupę cech występujących we wszystkich współczesnych oscyloskopach cyfrowych, a więc i w MSO2102A. Są to m.in.:

- Możliwość zapisywania przebiegów i nastaw oraz zrzutów ekranowych w pamięciach Flash (wewnętrznej i zewnętrznej).
- Test „Pass/Fail”.
- Tworzenie przebiegów referencyjnych.
- Zdalne sterowanie za pośrednictwem interfejsów USB, LAN i GPIB.

Podsumowując, oscyloskop MSO2102A można zaliczyć do przyrządów średniej klasy, który spełni oczekiwania dużej części użytkowników, szczególnie zajmujących się techniką cyfrową. Jest on dobrym przykładem realizacji polityki rozwojowej producenta, zakładającej uwzględnianie w wyrobach aktualnie obowiązujących trendów. W testowanej wersji oprogramowania nie uniknięto wprowadzenia drobnych błędów, ale to akurat zdarza się nawet najbardziej renomowanym markom. Historia pokazuje, że Rigol dość szybko reaguje na takie przypadki, co pozwala mieć nadzieję, że w kolejnych seriach błędy zostaną wyeliminowane.

Niewątpliwą zaletą oscyloskopu MSO2102A jest duży ekran o dobrej rozdzielczości, a naturalność i bardziej „analogowy” wygląd oscylogramów uzyskano dzięki wielostopniowej głębi odcieni kolorów.

Jarosław Doliński, EP

REKLAMA

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Zaprenumeruj na stronie avt.pl, e-mail: prenumerata@avt.pl lub telefonicznie pod numerem: 22 257 84 22, bieżący numer zamów na www.ulubionykiosk.pl



ULUBIONY
KIOSK.PL