

Pogoń za straconym czasem

Oscyloskop cyfrowy R&S RTO 1024 z modułem MSO

Dążeniem każdego liczącego się w świecie producenta oscyloskopów cyfrowych jest posiadanie w swojej ofercie przyrządów przystosowanych do jednoczesnego pomiaru sygnałów analogowych i cyfrowych. Takiej grupie oscyloskopów nadano nazwę MSO – Mixed Signal Oscilloscope i stanowią one jeden z najwyższych stopni wtajemniczenia w dziedzinie produkcji przyrządów pomiarowych.

Z perspektywy czasu można powiedzieć, że firma Rohde&Schwarz wyraźnie opóźniła start w produkcji oscyloskopów. Przez wiele lat potrzeba taka była ignorowana, co wprawdzie pozwoliło uzyskać prymat pierwszeństwa w wielu innych dziedzinach zaawansowanych technik pomiarowych, lecz od strony marketingowej strategia ta nie była jednak chyba najlepsza. Jej skutki stały się szczególnie widoczne po masowym upowszechnieniu oscyloskopów cyfrowych. Nagle okazało się, że powstał bardzo duży popyt na tego typu przyrządy. Na tyle duży, że wśród producentów znalazło się miejsce na jeszcze jednego wytwórcę. Pozostawało więc „jedynie” zaprojektować odpowiedni oscyloskop i rozpocząć jego produkcję. Dla firmy z takimi doświadczeniami jak ma Rohde&Schwarz nie był to większy problem. Od razu powstało więc kilka modeli oscyloskopów cyfrowych pokrywających różne potrzeby użytkowników. We wszystkich tych poczynaniach liczył się czas. Zakładano, że im szybciej nowa (w tej branży) marka zaistnieje, tym szybciej zdobędzie odpowiednie uznanie i zyska swoich klientów. Niemal jednocześnie powstały więc dwie linie produktów: RTM i RTO zawierające po kilka modeli. RTM to oscyloskopy tańsze, charakteryzujące się paśmie analogowym 500 MHz i częstotliwością próbkowania 5 GSa/s, RTO natomiast zawiera modele o paśmie analogowym 600 MHz, 1 GHz, 2 GHz i 4GHz próbujące z częstotliwością 10 GSa/s. Mimo bardzo nowoczesnych rozwiązań zastosowanych w konstrukcjach wymienionych oscyloskopów, żadnego z nich nie można jednak zakwalifikować do klasy MSO.

Otwarte drzwi dla MSO

Pierwszy cel został spełniony. Firma Rohde&Schwarz zaistniała na rynku oscyloskopów cyfrowych wysokiej klasy i dość szybko zdobyła oddanych sobie klientów. Pozostało jednak pewne „ale”. W ofercie nadal brakowało oscyloskopu klasy MSO i brak ten należało jak najszybciej zlikwidować. Skonstruowanie od podstaw takiego oscyloskopu to jednak przedsięwzięcie, które pochłonęłoby znowu sporo czasu, a tego i tak już nie było za wiele. Konstruktorzy R&S znaleźli jednak dość skuteczny sposób na wypełnienie luki. Okazało się, że całkiem niezłym rozwiązaniem będzie opracowanie specjalnej wkładki. Na szcze-



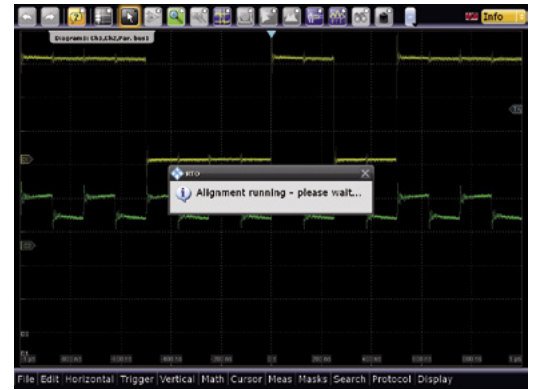
Fotografia 1. Wkładka MSO zamontowana w gnieździe znajdującym się na tylnej ścianie oscyloskopu



Fotografia 2. Przykładowe stanowisko pomiarowe z wyprowadzoną taśmą do sondy logicznej

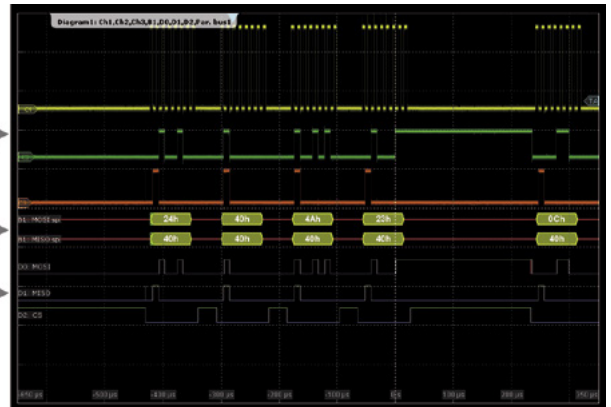
ście w oscyloskopach RTO przewidziano taką możliwość. Na tylnej ścianie przyrządu znajduje się gniazdo przeznaczone pierwotnie dla specjalizowanych modułów, na przykład takich jak interfejs GPIB. Gniazdo to zostało wykorzystane również do dołączenia specjalnie opracowanej wkładki MSO (**fotografia 1**). Po jej zastosowaniu oraz po odpowiednim zmodyfikowaniu firmware'u oscyloskop np. RTO1024 staje się oscyloskopem MSO. Od tej chwili mogą być jednocześnie wyświetlane i mierzone zarówno przebiegi analogowe, jak i cyfrowe. Są one uzyskiwane z sond analogowych dołączanych do gniazd znajdujących się na przednim panelu przyrządu oraz z sond logicznych dołączanych do wkładki MSO. Ponieważ jest ona umieszczona w niewygodnym miejscu – z tyłu oscyloskopu – sondy cyfrowe są w rzeczywistości dołączane do przewodów taśmowych, których końcówki można wygodnie wyprowadzić przed płytę czołową przyrządu (**fotografia 2**). Firmware oscyloskopu automatycznie wykrywa dołączenie sond i inicjuje odpowiednie procedury służące do ich obsługi. W tym czasie jest wyświetlany odpowiedni komunikat (**rysunek 3**). Wkładka MSO obsługuje 16 kanałów cyfrowych rozdzielonych na dwie 8-kanałowe sondy. Przy częstotliwości próbkowania kanałów cyfrowych rów-

nej 5 Gsa/s rozdzielczość czasowa każdego takiego kanału jest równa 200 ps. Jest to całkiem niezły parametr. Mało który „rasowy” analizator stanów logicznych dysponuje taką rozdzielczością. Zapewniony jest przy tym pełny synchronizm między sygnałami pochodzącymi z kanałów cyfrowych i analogowych (**rysunek 4**). Wejścia kanałów cyfrowych mają impedancję 100 kΩ||4 pF, nie powodują więc znaczącego obciążenia badanych układów, zapewniając jednocześnie

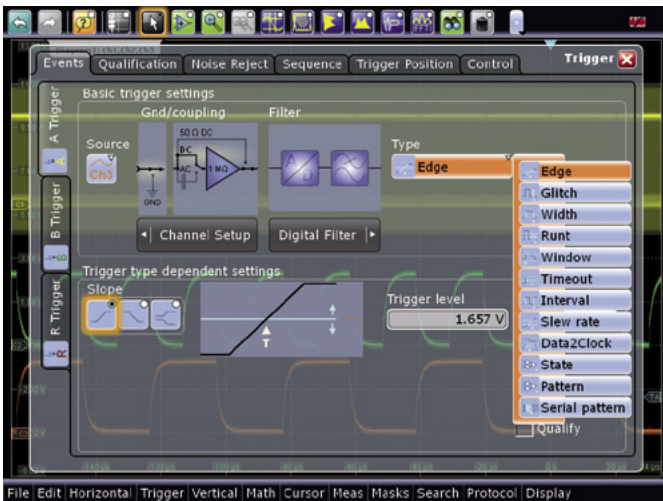


Rysunek 3. Komunikat informujący o instalacji sondy logicznej

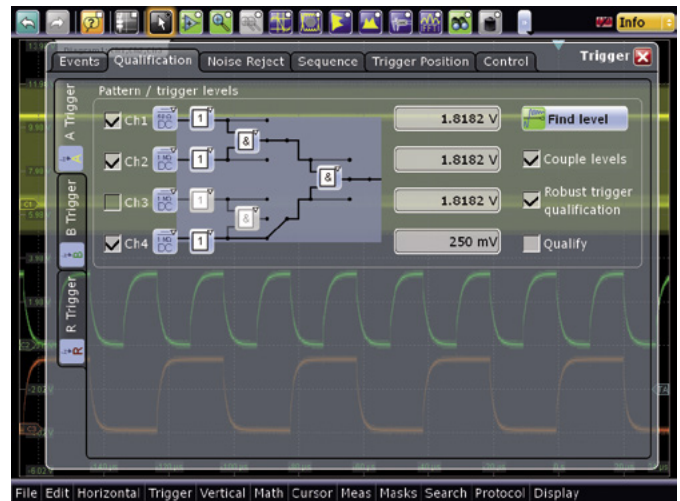
kanaly analogowe →
 analizator protokołu (SPI) →
 kanaly cyfrowe →



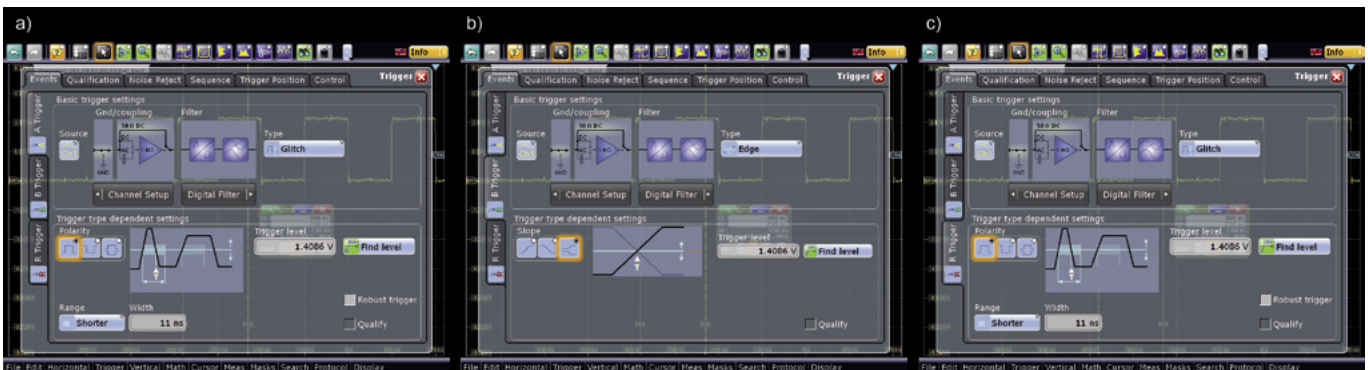
Rysunek 4. Jednoczesne wyświetlanie przebiegów analogowych i cyfrowych z zachowanie pełnego synchronizmu, analiza protokołu SPI



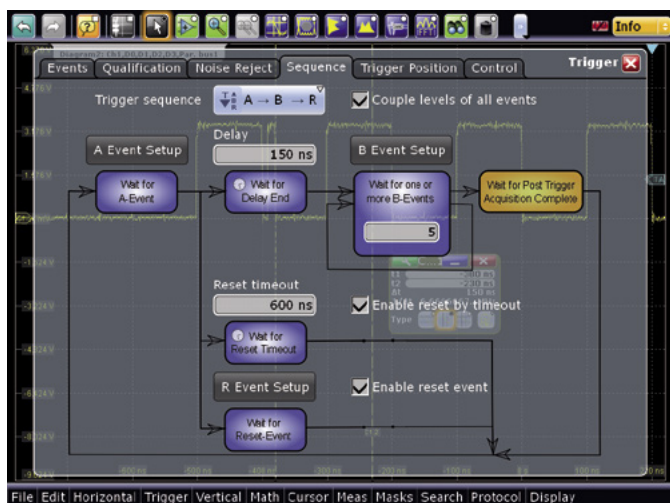
Rysunek 5. Zestaw zdarzeń wyzwalających wyświetlany po rozwinięciu listy na zakładce Events->Type



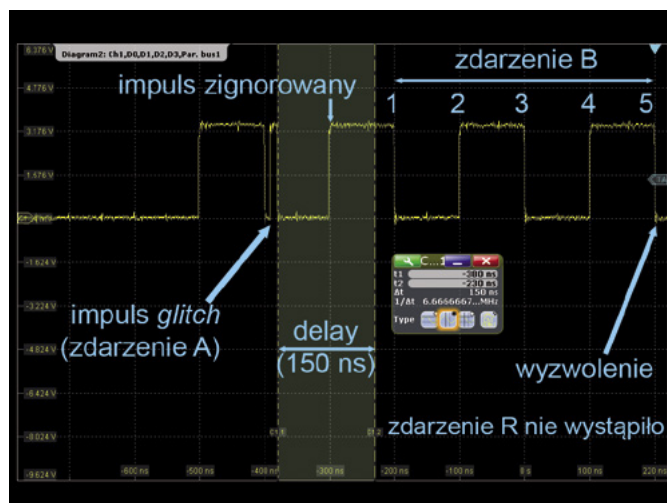
Rysunek 6. Tworzenie złożonego warunku wyzwalającego z wykorzystaniem opcji Qualification



Rysunek 7. Definiowanie zdarzeń dla sekwencji wyzwalającej: a) zdarzenie A, b) zdarzenie B, c) zdarzenie R



Rysunek 8. Definiowanie sekwencji wyzwalającej



Rysunek 9. Efekt działania przykładowej sekwencji wyzwalającej

bardzo dobrą jakość sygnału w zakresie częstotliwości do 400 MHz.

Do pełnego wykorzystania kanałów cyfrowych konieczne jest zapewnienie współpracy wkładki MSO z układem akwizycji oscyloskopu oraz z procedurami realizującymi funkcję analizatora protokołów. Dzięki temu możliwe jest wykorzystanie specjalnych trybów wyzwalania oraz debugowanie zdarzeń występujących w popularnych interfejsach komunikacyjnych, oczywiście z zastosowaniem kanałów cyfrowych. Oscyloskop RTO 1024 potrafi analizować protokoły: I²C, SPI, UART/RS232, CAN, LIN i FlexRay, I²S, LJ, RJ, TDM, USB2.0.

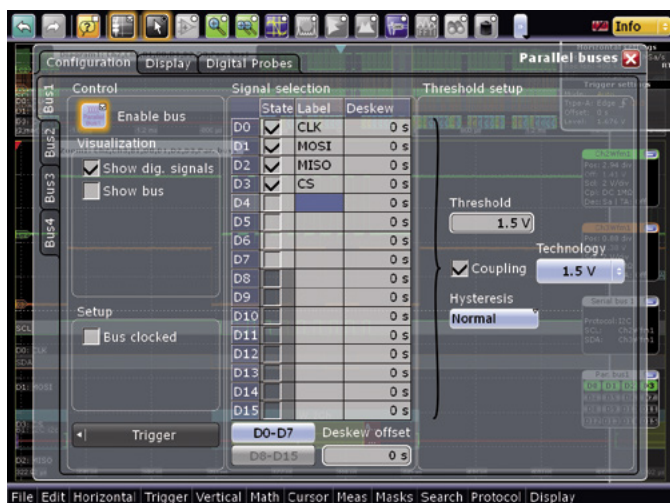
Wyzwalanie – jak to wszystko zrozumieć?

W oscyloskopie RTO 1024 zaimplementowano bardzo bogaty zestaw zdarzeń wyzwalających (rysunek 5). Trzeba naprawdę sporo doświadczenia, aby biegle stosować je podczas pomiarów. Różnica pomiędzy poszczególnymi opcjami bywa bardzo subtelna, i na dobrą sprawę nie rzadko ten sam efekt można uzyskać kilkoma metodami. Na

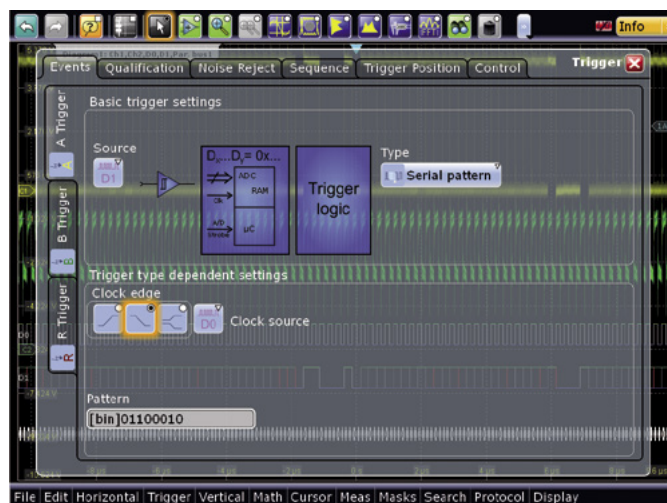
przykład poszukiwanie wąskich zakłóceń impulsowych typu *glitch* najwygodniej jest zrealizować wykorzystując tryb wyzwalania o tej właśnie nazwie, ale równie dobrze można zastosować wyzwalanie typu *Width* z odpowiednio zdefiniowaną szerokością impulsu (nie większą niż...). Warunek wyzwalania może być ponadto tworzony na podstawie danych uzyskiwanych z kilku kanałów (opcja *Qualification* – rysunek 6). Niestety, w tym przypadku nie mogą być uwzględniane kanały cyfrowe.

Definiowanie warunków wyzwalających może być na tyle złożone, że w pewnym momencie użytkownik ma prawo trochę się pogubić. Pewnym ułatwieniem i pomocą w opanowaniu problemu są, jak widać na rys. 5 i 6, sugestywne rysunki wyświetlane na półprzezroczystej warstwie na tle oscylogramów. Znaczenie wprowadzanych parametrów oraz wszystkich wartości przyjmowanych domyślnie staje się dużo bardziej zrozumiałe dzięki ich graficznej interpretacji. O stopniu złożoności omawianego zagadnienia niech świadczy opisany dalej przykład. Zostanie w nim zdefiniowana

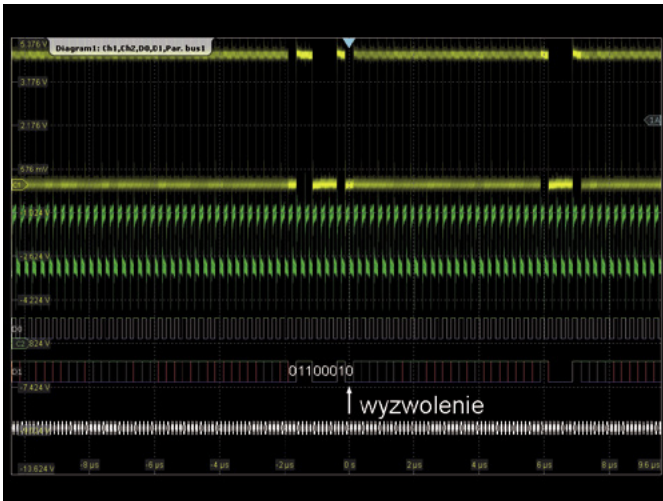
pewna sekwencja zdarzeń wyzwalających. Już sama nazwa takiego trybu świadczy o tym, że do wyzwolenia będzie konieczne wystąpienie co najmniej dwóch zdarzeń. Pierwsze (A) inicjuje cały proces, po nim następuje kilka możliwości. W przykładzie zdarzeniem inicjującym jest wystąpienie impulsu *glitch* o szerokości nie większej niż 11 ns (rysunek 7a). Drugim zdarzeniem (B) musi być wykrycie zbocza narastającego, opadającego lub dowolnego z nich. Jest dla niego ustalany poziom detekcji (rysunek 7b). Następne zdarzenie (R) może, ale nie musi powodować wyzerowanie poszukiwania sekwencji wyzwalającej. W naszym przykładzie będzie to kolejny impuls *glitch*, przy czym zdarzeniem tym może być dowolne inne należące do grupy zdarzeń wykrywanych przez oscyloskop (rys. 7c). W następnym kroku należy zdefiniować działanie sekwencji wyzwalającej. Dokonuje się tego na zakładce *Sequence* opcji wyzwalania (rysunek 8). Jak widać, w naszym przykładzie pierwszy impuls *glitch* (zdarzenie A) inicjuje pętlę odliczającą opóźnienie 150 ns. W tym czasie wszystkie zdarzenia



Rysunek 10. Okno aktywacji kanałów cyfrowych



Rysunek 11. Definiowanie szeregowej sekwencji wyzwalającej wykorzystującej kanały cyfrowe



Rysunek 12. Efekt działania szeregowej sekwencji wyzwalającej wykorzystującej kanały cyfrowe

są ignorowane. Po zakończeniu pętli *delay* poszukiwanych jest 5 zdarzeń B, czyli 5 dowolnych zboczy badanego sygnału. Liczba 5 została wprowadzona arbitralnie dla przykładu. Uczyniono to w oknie *Wait for one or more B-Events*. Jeśli zbocza takie zostaną wykryte, następuje wyzwolenie, jeśli natomiast po upływie czasu równego wprowadzonemu timeoutowi (w przykładzie 600 ns) od chwili wykrycia pierwszego impulsu *glitch* pojawi się kolejny taki impuls, następuje wyzerowanie sekwencji i wznowienie jej od początku. Przykład działania opisanej metody wyzwalań przedstawiono na **rysunku 9**.

W uzupełnieniu opisu opcji wyzwalań oscyloskopu RTO 1024 należy jeszcze wspomnieć o pozostałych opcjach związanych z wyzwaniem. Jedną z nich umożliwia eliminację wpływu szumów poprzez wprowadzenie odpowiedniej histerezy dla poziomu wyzwalań. Jej parametry są domyślnie ustawiane w sposób automatyczny, ale gdyby taka metoda okazała się nieskuteczna, można dokonać ręcznej korekty nastaw. Z kolei na zakładce *Trigger Position* można określić przesunięcie czasowe pomiędzy wyzwaniem i momentem wyświetlenia oscylogramu. Mamy więc tu do czynienia z parametrami pretrigger lub postrigger, dzięki którym możliwe jest oglądanie zdarzeń występujących w zdefiniowanym czasie przed lub po wyzwoleniu. Dodatkowo można określić położenie znacznika momentu wyzwolenia. Najczęściej są to wartości 10%, 50% lub 90% szerokości ekranu. Ostatnia zakładka – *Control* służy do określenia trybu pracy układu wyzwalającego. Są to dobrze znane: Auto, Normal i Free Running.

No dobrze, ale czy zainstalowanie rozszerzenia MSO oscyloskopu RTO 1024 skutkuje wprowadzeniem dodatkowych opcji wyzwalań sygnałami cyfrowymi? Jeśli uaktywniono kanały cyfrowe (**rysunek 10**),

możliwość taka istnieje, ale obowiązują tu pewne ograniczenia. Jako źródło zdarzeń wyzwalających pojawiają się opcje związane z kanałami cyfrowymi. Zdarzeniem takim może być na przykład wystąpienie określonego stanu na całej szynie cyfrowej. Sygnały z kanałów cyfrowych są też brane pod uwagę po wybraniu opcji *Serial pattern*. Przykład takiego trybu przedstawiono na **rysunku 11**. Wyzwolenia ma w tym przypadku następować po wykryciu sekwencji 01100010 na linii D1 taktowanej przebiegiem z linii D0. Na **rysunku 12** jest widoczny skutek wprowadzenia takiego trybu pracy. Wprawdzie na statycznym rysunku trudno pokazać dynamicznie zmieniającą się sytuację, niemniej na oscylogramie można wyraźnie wyodrębnić sekwencję, która powoduje wyzwolenie. Wadą rozwiązania przyjętego w oscyloskopie RTO 1024 jest konieczność definiowania sekwencji co najmniej 8-bitowej lub jej krotności, dotyczy to jednak tylko przypadku przeszukiwania linii cyfrowych. Jeśli będą przeszukiwane sygnały analogowe, ograniczenie to nie obowiązuje. Niestety, przy definiowaniu warunków nie można łączyć sygnałów analogowych i cyfrowych. Oznacza to, że jeśli będzie poszukiwana jakaś sekwencja w kanale analogowym, to i sygnał taktujący musi być pobierany z kanału analogowego i *vice versa*, podczas przeszukiwania kanału cyfrowego, sygnał zegarowy musi pochodzić również z kanału tego typu.

Analizator protokołów

Oscyloskopy MSO mają na ogół wbudowaną funkcję analizatora protokołów realizowaną przez odpowiednie procedury oprogramowania firmowego. Pełne ich wykorzystywanie w oscyloskopie RTO 1024 jest jednak możliwe dopiero po wykupieniu odpowiednich opcji, tylko niektóre z nich są zaimplementowane domyślnie. Wykaz możliwości przedstawiono w **tabeli 1**.

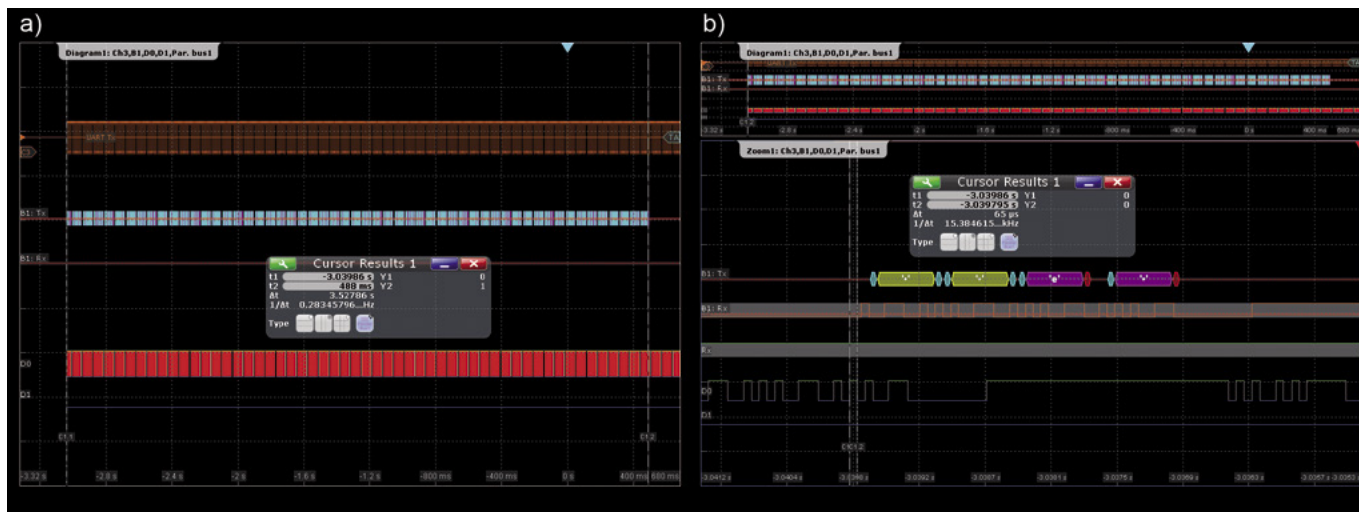


Rysunek 13. Tabelaryczna prezentacja wyników analizatora protokołu SPI

Przed przystąpieniem do pracy z analizatorem protokołów należy prawidłowo skonfigurować badany interfejs, tj. ustalić np. szybkość transmisji, długość ramki danych, wprowadzić ewentualnie adresy urządzeń, zasady kontroli poprawności transmisji, przydzielić poszczególne sygnały interfejsu do kanałów pomiarowych itp. Dla wygody, każdej z badanych linii można nadać etykiety wyświetlane później na ekranie, co ułatwi rozpoznawanie sygnałów. Kolejnym, ważnym zagadnieniem jest odpowiednie zredagowanie warunku wyzwolenia. Użytkownicy będą najczęściej zainteresowani np. wychwytywaniem konkretnej danej z całego ich potoku, wystąpieniem określonego adresu, początku lub końca transmisji itp. Mogą to być niemal dowolne zdarzenia charakterystyczne dla badanego interfejsu. Końcowy warunek wyzwolenia może składać się *de facto* z kilku warunków ujętych zależnościami logicznymi. W ten sposób można wychwycić na przykład daną o konkretnej wartości wysłaną interfejsem I²C do urządzenia o wskazanym adresie, a więc warunkiem będzie iloczyn logiczny $\text{dana} \wedge \text{adres}$. Szkoda, że nie jest możliwe wprowadzanie danych bezpośrednio w postaci alfanumerycznej (znakami ASCII), co w przypadku transmisji znakowych byłoby dużym ułatwieniem. Jeśli więc zachodzi po-

Tabela 1. Interfejsy szeregowo obsługiwane przez analizator protokołów oscyloskopu RTO 1024

| Interfejs | Opcje wyzwalań | Opcje analizy |
|------------------|------------------|------------------|
| I ² C | standardowo | opcja R&S RTO-K1 |
| SPI | standardowo | opcja R&S RTO-K1 |
| UART/RS232 | standardowo | opcja R&S RTO-K2 |
| CAN | opcja R&S RTO-K3 | |
| LIN | opcja R&S RTO-K3 | |
| FlexRay | opcja R&S RTO-K4 | |



Rysunek 14. Działanie funkcji Zoom

trzeba wychwycenia sekwencji znaków np. 'R', 'T', 'O', to w warunkach wyzwolenia trzeba podać kody ASCII tych znaków, na przykład w zapisie heksadecymalnym. Przykład badania transmisji interfejsem SPI przedstawiono na rys. 4. Czasami bardziej czytelna, a na pewno bardziej zwarta jest tabelaryczna prezentacja wyników (rysunek 13).

Jedną z większych zalet oscyloskopu RTO 1024 jest bardzo długi rekord danych 200 Mpróbek dla każdego kanału cyfrowego oraz duża rozdzielczość skali czasu. Parametry te stwarzają bardzo dobre warunki do wnikliwej analizy danych zarejestrowanych w długim czasie. Na rysunku 14 przedstawiono oscylogram pewnej transmisji realizowanej interfejsem szeregowym trwającej ponad 3,5 sekundy. Po zastosowaniu Zoomu można bardzo dokładnie rozróżnić pojedyncze bity trwające 65 μ s.

Nie tylko MSO

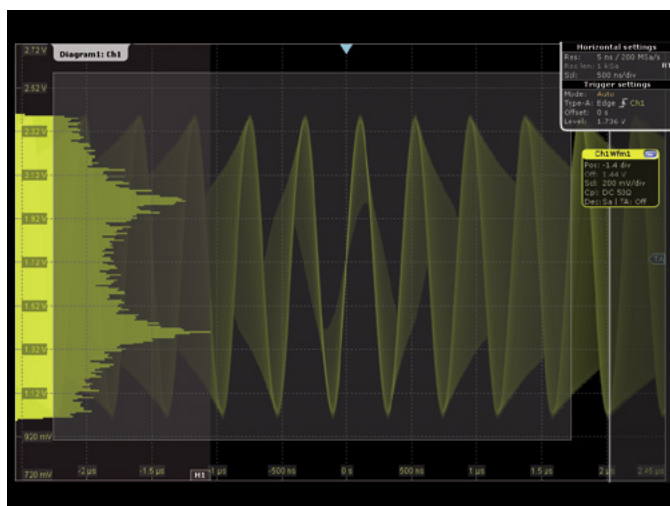
Oscyloskop RTO 1024 kryje w sobie prawdziwy komputer z systemem Windows XP Embedded, dysponujący własnym dyskiem twardym, interfejsami LAN i USB, wyjściem dla monitora zewnętrznego. Dziś

trudno sobie wyobrazić pracę na komputerze bez myszki i klawiatury, ale nie stanowi to większego problemu. Ekran dotykowy nieźle rozwiązuje problem ewentualnego braku myszki, a klawiatura jest dostępna w wersji ekranowej. Jeśli jednak ktoś lubi komfort, zawsze może dołączyć oba urządzenia w wersji USB. Oczywiście aplikacja oscyloskopu jest najważniejsza i dlatego została umieszczona w autostarcie. W ten sposób przeciętny użytkownik może nawet nie wiedzieć, że pracuje pod systemem Windows, do czasu... Niestety, zdarzyło się kilka razy zawiesić program, i choć nie zakończyło się to słynnym niebieskim ekranem, to twardy reset okazał się konieczny.

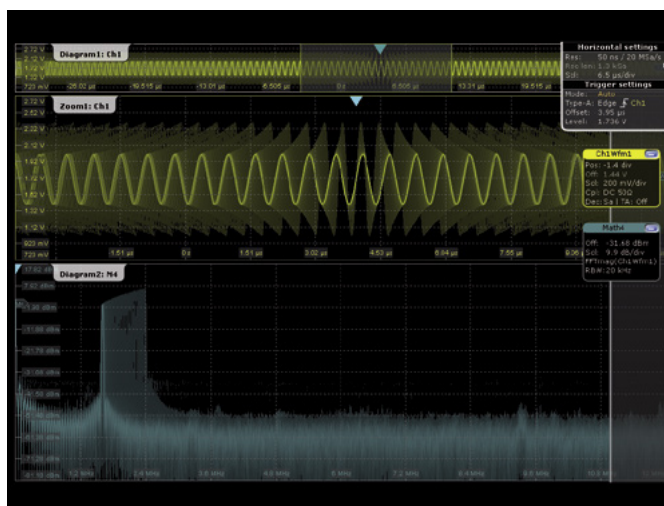
Oprogramowanie oscyloskopu zostało napisane z zamiarem maksymalnego uproszczenia obsługi przyrządu. Liczba możliwych do ustawienia opcji, parametrów, trybów pracy itp. jest jednak tak duża, że opanowanie wszystkiego nie jest proste. Instrukcja obsługi oscyloskopu RTO 1024 liczy 567 stron. Użytkownicy innych urządzeń firmy Rohde&Schwarz będą prawdopodobnie mieli nieco ułatwione zadanie, natomiast posiadacze urządzeń producentów

amerykańskich wręcz przeciwnie. Wyraźnie bowiem widoczne jest nieco inne podejście do obsługi przyrządów. Większość parametrów oscyloskopu RTO 1024 jest ustawiana albo po wybraniu polecenia z linii komend wyświetlanej w dolnej części ekranu, albo przy wykorzystaniu klasycznych pokręteł na panelu przednim.

Oscylogram związany z jednym kanałem może być tworzony jednocześnie trzema sposobami, przy zastosowaniu różnych metod decymacji, z zastosowaniem filtrów cyfrowych lub bez nich. Jak w każdym oscyloskopie cyfrowym próbkowanie może przebiegać w czasie rzeczywistym i ekwiwalentnym. Dodatkowo dostępny jest tryb *Interpolated Time*, w którym częstotliwość próbkowania jest zwiększana metodami matematycznymi (interpolacja), a więc sztucznymi. Zdarza się czasami, że wprowadzenie poszczególnych parametrów nie daje oczekiwanych wyników, a nawet pogarsza działanie wcześniejszych nastaw. Nieocenioną rolę pełnią więc przyciski ekranowe *Undo* i *Redo* pozwalające przywracać stan po nieopatrnie wykonanej czynności. Na ekranowym pasku narzędziowym znajdują



Rysunek 15. Histogram jako przykład obliczeń statystycznych



Rysunek 16. Analiza FFT

**Bezpośredni
importer
zasilaczy marki:**



**Udzielamy wysokich rabatów
- sprawdź naszą ofertę !**

Pulsar Siedlec 150, 32-744 Łączycza,
tel: 14-610-19-40, fax: 14-610-19-50,
e-mail: biuro@pulsar.pl, www.pulsar.pl



Produkcja:

- zasilacze buforowe
- zasilacze do CCTV
- obudowy do SSWiN
- szafy RACK 19"
- obudowy indywidualne
 - metalowe
 - plastikowe
- zasilacze hermetyczne
- transformatory
- moduły
 - bezpiecznikowe
 - przekaźnikowe
 - czasowe
- moduły przetwornic napięcia DC/DC
- puszki połączeniowe
- puszki hermetyczne



**BlackPower - zasilacze zgodne
z normą alarmową EN-50131-6**



wyświetlacz LCD

REKLAMA

się ponadto ikony: tzw. zoomu sprzętowego, zoomu cyfrowego, kursorów ekranowych, masek pomiarowych, histogramów, opcji pomiarowych, funkcji FFT, funkcji przeszukiwania danych, kasowania okien, automatycznego poszukiwania poziomu wyzwalania.

Duża liczba niezależnie ustawianych parametrów może powodować trudne do opanowania reakcje oscyloskopu, wręcz utratę kontroli nad przyrządem zakończoną zerwaniem pomiarów. Użytkownik staje wtedy wobec problemu znalezienia plamki znanego z epoki oscyloskopów cyfrowych. Wtedy wybawieniem z opresji był przycisk *Beam Locate*, w oscyloskopie RTO 1024 sytuację ratuje przycisk *Preset* przywracający ustawienia domyślne. Natomiast nastawy umożliwiające obserwację nowego, jeszcze nie badanego sygnału najlepiej uzyskuje się po naciśnięciu przycisku *Autoset* i ewentualnej dalszej, już ręcznej ich korekcie.

Wsparcie matematyczne

To już jest bezapelacyjnie standard, nie tylko w oscyloskopach najwyższej klasy. Użytkownikom nie wystarczy już samo oglądanie oscylogramów. Nie wystarczą też najprostsze operacje matematyczne, jakie są dostępne w najtańszych przyrządach

cyfrowych. Zostały w nich skopiowane bezpośrednio z oscyloskopów analogowych, w których łatwo je było zrealizować sprzętowo. Oscyloskop cyfrowy to jednak jeden wielki komputer, dla którego obliczenie niemal dowolnej funkcji nie powinno stanowić większego problemu. Stąd w zestawie RTO 1024 znalazły się m.in.: pierwiastkowanie, logarytmowanie, potęgowanie, różniczkowanie, całkowanie, funkcje trygonometryczne, hiperboliczne, funktry logiczne. Wynikom operacji matematycznych można nadawać miana wielkości fizycznych wyświetlanych później na ekranie. Rozszerzeniem są obliczenia statystyczne, a więc histogramy dla osi X i Y (**rysunek 15**), wartości średnie, ekstremalne, odchylenie standardowe itp. Nie mogło oczywiście zabraknąć analizy FFT, która dzięki wsparciu sprzętowemu działa bardzo szybko i dokładnie (**rysunek 16**). Oscyloskop RTO 1024 oblicza również na bieżąco parametry badanych przebiegów, znane jako pomiary automatyczne.

Czas – można go spowolnić lecąc szybką rakieta

Już Albert Einstein udowodnił, że czas upływa wyraźnie wolniej, jeśli znajdujemy się w rakiecie poruszającej się z szybkością

porównywalną z szybkością światła. Ale firmie R&S do dogonienia liderów produkcji oscyloskopów cyfrowych potrzebne jest nie spowolnienie lecz przyspieszenie czasu. Najlepsze byłoby więc wysłanie w kosmos właśnie ich, co przy okazji spowodowałoby pozbycie się konkurencji. Życ, nie umierać. Ale nie, tak się nie da. Wróćmy zatem na Ziemię. Jeśli przyjrzymy się temu, co osiągnął Rohde&Schwarz przez dwa lata, to jest od chwili podjęcia decyzji o produkcji oscyloskopów cyfrowych, okaże się, że żadne podróże kosmiczne nie są potrzebne, a konstruktorzy tej firmy widocznie znaleźli jakąś inną metodę przyspieszenia czasu. Najwyższe modele oscyloskopów R&S bez wahania można już teraz zaliczyć do topowych wyrobów światowych, a w kolejnych latach należy zapewne spodziewać się dalszego poszerzenia oferty. Nowe oscyloskopy z pewnością będą odznaczały się jeszcze bardziej wyrafinowanymi możliwościami i jeszcze lepszymi parametrami technicznymi.

Więcej informacji na temat oscyloskopów R&S można znaleźć na stronie www.scope-of-the-art.com.

Jarosław Doliński, EP