

InfiniiVision MSO-X 4154A

Oscyloskop na pasma gigahercowe

Parametry techniczne oscyloskopów cyfrowych są poprawiane niczym rekordy na olimpijskich pływaniach. Wydaje się, że nie ma tu żadnych granic, ale przecież fizyka musi kiedyś dać znać o sobie. Pytanie tylko, kiedy to się stanie? Odpowiedzi na razie nie ma, więc pozostaje nam tylko odnotowywać kolejne typy oscyloskopów wkraczające w gigahercowe zakresy.

Można oczywiście zadać sobie następane pytanie – czy ten postęp oby na pewno jest nam potrzebny? W tym przypadku odpowiedź jest twierdząca i łatwo ją wypowiedzą nawet osoby nie znające się na elektronice, za to będące jej mniej lub bardziej świadomymi użytkownikami. Jaki bowiem odsetek ludzi czynnych zawodowo nie korzysta na co dzień z komputerów, telefonów komórkowych, systemów nawigacyjnych, tabletów, aparatów telefonicznych, telewizorów itp. W każdym z tych urządzeń na pewno znajduje się co najmniej jeden procesor, od wydajności którego zależą cechy użytkowe sprzętu. A są to układy, w których coraz częściej występują komponenty (np. pamięci dynamiczne) taktowane przebiegami zegarowymi o częstotliwościach równych kilkaset megaherców. I ciągle jest to za mało. I ciągle są ulepszone.

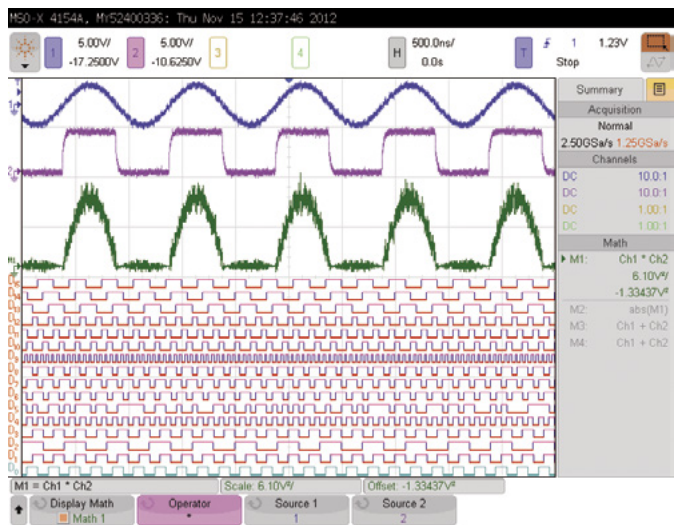
AM Technologies

Dodatkowe informacje:

AM Technologies Polska Sp. z o. o.
Al. Jerozolimskie 146C, 02-305 Warszawa, www.amt.pl

4 kanały analogowe i 16 cyfrowych

Już w nazwie typu oscyloskopu – MSO-X 4154A – zakodowana jest jego podstawowa cecha, czyli możliwość jednoczesnej obserwacji przebiegów analogowych i cyfrowych (**rysunek 1**). Wiąże się z tym jednak duża liczba oscylogramów wyświetlanych na ekranie. Przy maksymalnym wykorzystaniu możliwości oscyloskopu są to przebiegi z 4 kanałów analogowych, 16 cyfrowych, przebieg referencyjny, 2 magistrale szeregowo, wyniki obliczeń matematycznych. Nawet na tak dużym wyświetlaczu, jaki jest w oscyloskopie MSO-X 4154A (przekątna 30,7 cm) na ekranie jest w takim przypadku dość gęsto. Zwykle jednak nie ma potrzeby wyświetlania aż tylu przebiegów jednocześnie, a wtedy warunki pracy są wręcz wyśmienite. Jeśli jednak w przypadku jednoczesnej obserwacji dużej liczby oscylogramów użytkownik uzna, że korzystny byłby jeszcze większy ekran, może podłączyć zewnętrzny wyświetlacz poprzez wbudowany na tylnym panelu interfejs SVGA.



Rysunek 1. Jednoczesna obserwacja przebiegów analogowych i cyfrowych na ekranie oscyloskopu MSO-X 4154A

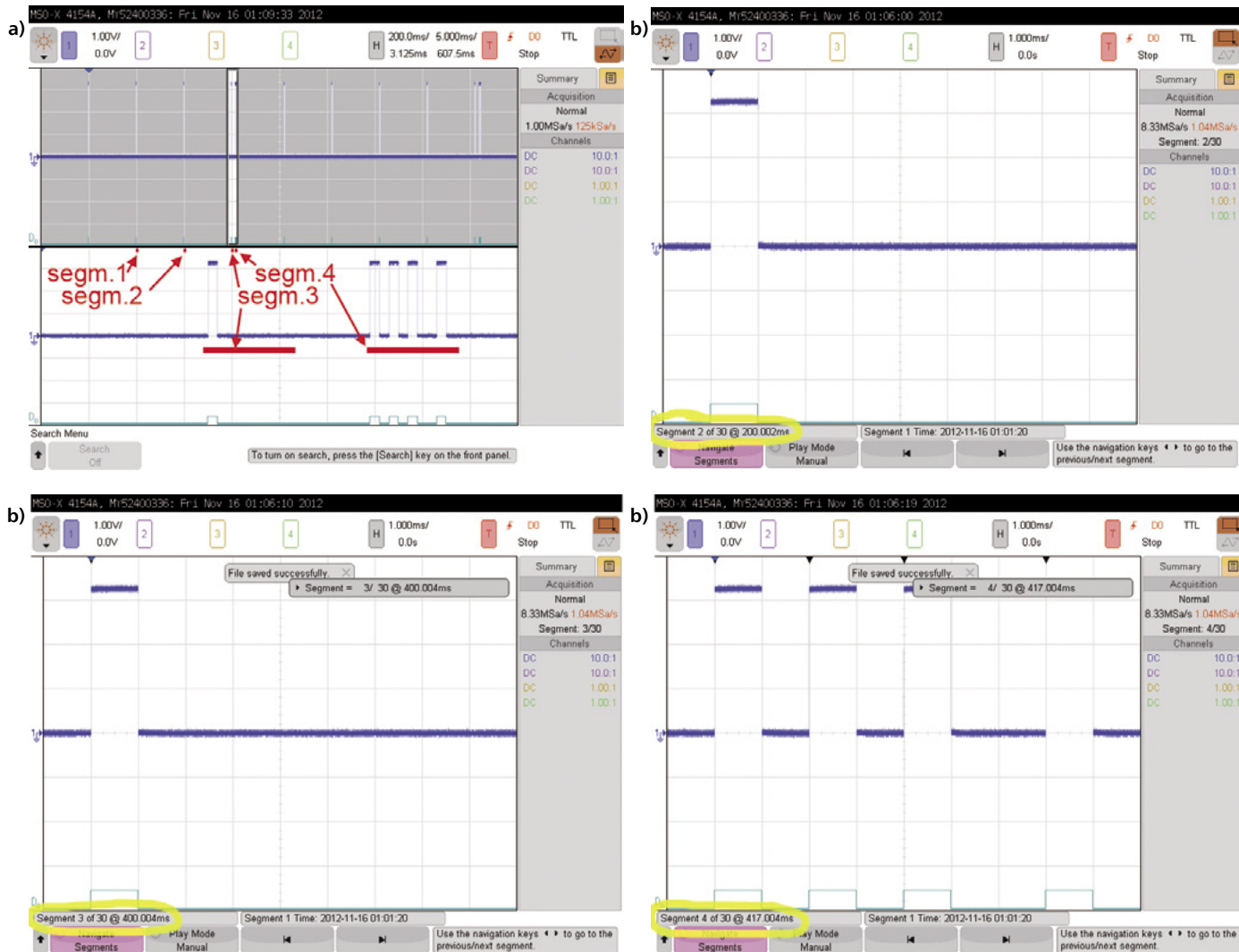
Oglądanie sygnałów o częstotliwościach do 1,5 GHz jest możliwe tylko przy zastosowaniu sond aktywnych. Do oscyloskopu MSO-X 4154A standardowo są dostarczane dwa komplety sond: cztery bierne sondy N2894 pracujące w pasmie do 700 MHz i cztery 1-gigahercowe sondy aktywne N2795A. W komplecie są też dwie 8-kanalowe sondy cyfrowe 54620-61601 wraz z typowymi chwytakami umożliwiającymi

mi podpinanie końcówek bezpośrednio do wyprowadzeń układów scalonych. Sondy bierne mają „resorowane” igły, co zabezpiecza punkty pomiarowe przed mechanicznymi uszkodzeniami. Zdarza się to, gdy osoba wykonująca pomiar nie ma pewności czy zapewniony jest odpowiedni kontakt elektryczny sondy z punktem pomiarowym. Często końcówka sondy jest machinalnie dociskana z nadmierną siłą. Do sond są dodawane dość liczne akcesoria ułatwiające pomiar i zapewniające odpowiednie warunki pomiarowe. Są to sprężynki służące do dołączania masy, kolorowe pierścienie ułatwiające orientację w fizycznym identyfikowaniu połączeń itp.

Zarządzanie pamięcią

Wraz z rosnącymi szybkościami próbkowania rośnie liczba danych zbierana przez układ akwizycji oscyloskopu. Aby dane te były użyteczne, muszą być przechowywane w dostatecznie dużej pamięci. Nie dziwią więc już niktory rekordy, w których są zachowywane miliony próbek badanego sygnału. Efektywność wykorzystania pamięci nie wynika jednak z bezpośredniego przeliczenia relacji między szybkością próbkowania a długością rekordu. W praktyce liczą się jeszcze przyjęte w danym oscyloskopie algorytmy zarządzania pamięcią. Okazuje się, że przy zastosowaniu odpowiednich algorytmów można znacznie redukować wielkość pamięci nie obniżając przy tym funkcjonalności przyrządu. Jedną z takich metod jest segmentacja pamięci zastosowana w oscyloskopach InfiniiVision.

Wyobraźmy sobie, że obserwujemy bardzo krótkie impulsy, albo paczki impulsów pojawiających się w badanym sygnale z relatywnie długimi przerwami między nimi. Aby nie zgubić takiego impulsu, należy zastosować odpowiednio szybkie próbkowanie, ale będzie to oznaczało, że rekord



Rysunek 2. Obserwacja przebiegów z zastosowaniem segmentacji pamięci a) przebieg w całości (bez segmentacji) z oknem Zoom, b) 3 zarejestrowane zdarzenia umieszczone w odrębnych segmentach pamięci

w znacznym stopniu zostanie zapełniony beżużytecznymi danymi. Nie interesują nas przecież przerwy między impulsami, a same impulsy. Na skutek zastosowania segmentacji pamięci zapisywane są w niej tylko takie ilości danych, które wynikają z przyjętej długości segmentu, nastawy szybkości próbkowania i podstawy czasu. Zapis jest wykonywany bezpośrednio po wystąpieniu zdarzenia wyzwalającego i jest oznaczany stemplem czasowym w celu późniejszego odtworzenia rzeczywistej skali czasu. Na **rysunku 2** przedstawiono przypadek, w którym pojedyncze impulsy mają bardzo krótki czas trwania w stosunku do okresu powtarzania. Dodatkowo, co pewien czas pojawia się paczka składająca się z kilku takich impulsów. Dane, które zostały zapisane w pamięci są zaznaczone na rysunku 2a małymi, czerwonymi punktami. Na rysunku 2b przedstawiono odtworzoną później zawartość poszczególnych segmentów pamięci. Przeszukiwanie segmentów jest sterowane ręcznie lub automatycznie.

W oscyloskopie MSO-X 4154A zastosowano specjalne rozwiązanie sprzętowe – MegaZoom IV - będące fragmentem układu ASIC sterującego pracą oscyloskopu, pozwalające osiągać bardzo duże szybkości akwizycji bez angażowania w ten proces CPU. Dzięki temu uzyskiwana jest wysoka wierność odwzorowania sygnału analogowego w postaci cyfrowej. Technologia MegaZoom IV w połączeniu z rekordem o długości 4 Mpunktów daje bardzo dobre rezultaty powiększania fragmentów oscylogramów (**rysunek 3**).

Obliczenia matematyczne i pomiary automatyczne

Cechą oscyloskopów cyfrowych jest możliwość wykonywania złożonych operacji matematycznych na badanych przebiegach. W oscyloskopach InfiniiVision zaimplementowano kilkanaście takich funkcji popgrupowanych na: proste obliczenia matematyczne, przekształcenia matematyczne (całkowanie, różniczkowanie, logarytmowanie, funkcje wykładnicze), filtrowanie, uśrednianie oraz wyznaczanie trendu zmian danego parametru (np. częstotliwości – **rysunek 4**) i wizualizację. Oscyloskop wykonuje jednocześnie do 4 obliczeń, które mogą być zagnieżdżane (tzn. wynik jednego obliczenia jest argumentem następnego). Wynik obliczeń jest wyświetlany w postaci dodatkowego oscylogramu, z tym że jednocześnie może być widoczny tylko jeden taki wykres. Na **rysunku 5** przedstawiono krzywą wykładniczą, którą poddano operacji całkowania. W tym przypadku ważny jest pomiar wartości średniej przebiegu i dodanie go jako stałej do całkowania. Bez tego wykres będzie „uciekał” do góry lub do dołu.

Obsługa pomiarów automatycznych jest w oscyloskopie MSO-X 4154A bardzo wygodna. Wyniki są domyślnie wyświetlane w zakładce w prawej części ekranu, ale można ją odłączyć i umieścić w dowolnym miejscu. Ponadto zakładce takiej można nadać atrybut przezroczystości, co w pewnych przypadkach ułatwia obserwację przebiegów umożliwiając jednoczesny podgląd parametrów.

Obsługa oscyloskopu

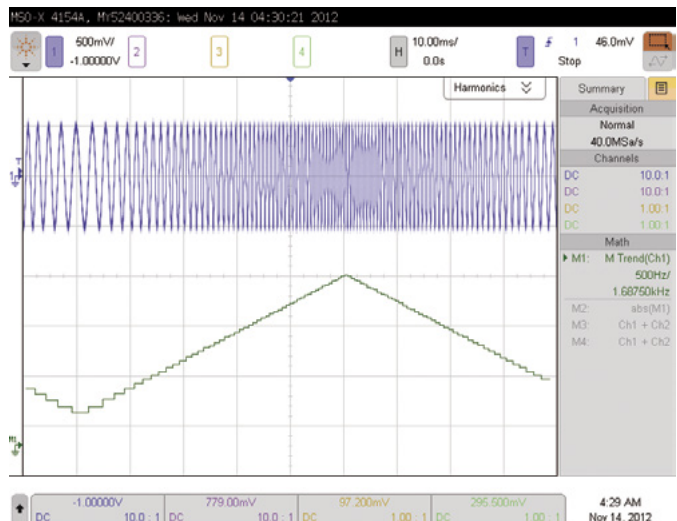
Konstruktorzy Agilenta wypracowali charakterystyczny dla oscyloskopów tej marki design, od którego w dużym stopniu zależy komfort obsługi przyrządów. Elementy regulacyjne są rozmieszczone z grubsza w tym samym miejscu w każdej rodzinie oscyloskopów i działają na podobnej zasadzie. Poszczególne modele różnią się oczywiście pokrętlami i przyciskami, które są niezbędne do obsługi funkcji charakterystycznych tylko dla danej grupy przyrządów. Wyraźnie jednak widać konsekwencję ułożenia poszczególnych pokręteł i przycisków na płytach czołowych oscyloskopów.

Najnowsze trendy dotyczące obsługi aparatury elektronicznej z wszelkiego rodzaju wyświetlaczami praktycznie wykluczają stosowanie tych elementów bez ekranu dotykowego. O ile w przypadku telefonów komórkowych użytkownicy są podzieleni na zwolenników i przeciwników takiego sposobu sterowania aparatem, o tyle w oscyloskopach cyfrowych ekran dotykowy doskonale zdaje egzamin i bardzo ułatwia pracę. Obecnie wszyscy producenci oscyloskopów stosują takie rozwiązania, przynajmniej w sprzęcie powyżej pewnego progu techniczno-cenowego. Do takiej klasy przyrządów należy

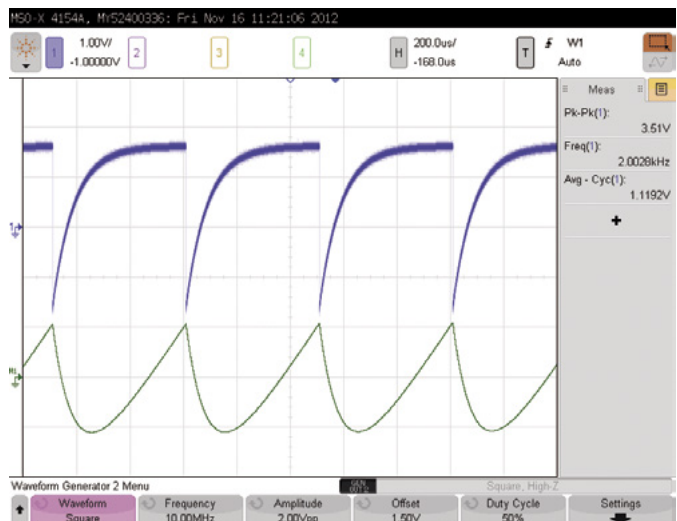
MSO-X 4154A, a jego użytkownicy natychmiast przekonują się o zaletach ekranu dotykowego. Jest on szczególnie przydatny przy definiowaniu „palcem na ekranie” zakresu powiększenia funkcji Zoom, wprowadzaniu parametrów liczbowych na chwilowo wyświetlanej klawiaturze numerycznej, przesuwaniu kursorów ekranowych itp. Nie zmienia to faktu, że obsługa innych funkcji za pomocą przycisków mechanicznych jest również prosta i intuicyjna.



Rysunek 3. Możliwości funkcji Zoom oscyloskopu MSO-X 4154A



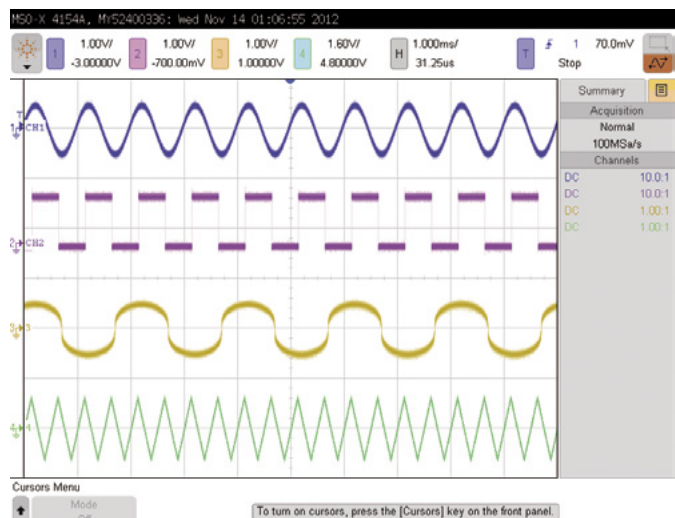
Rysunek 4. Matematyczne wyznaczanie trendu, w przykładzie pokazano trend zmiany częstotliwości



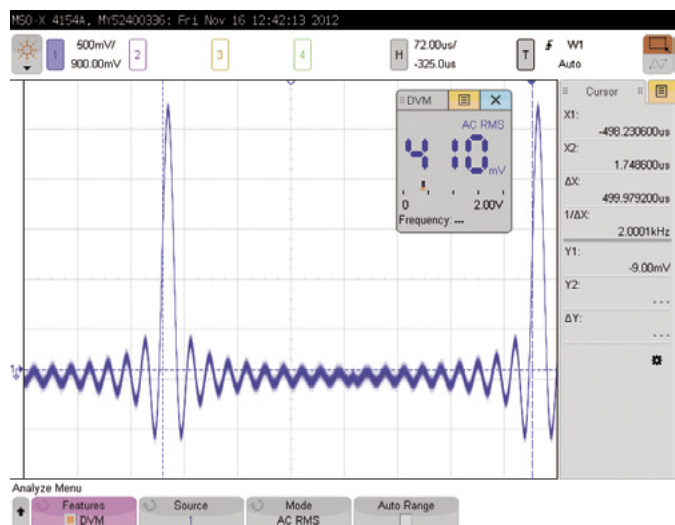
Rysunek 5. Obliczenia matematyczne – przykład całkowania

Jeden oscyloskop – kilka przyrządów

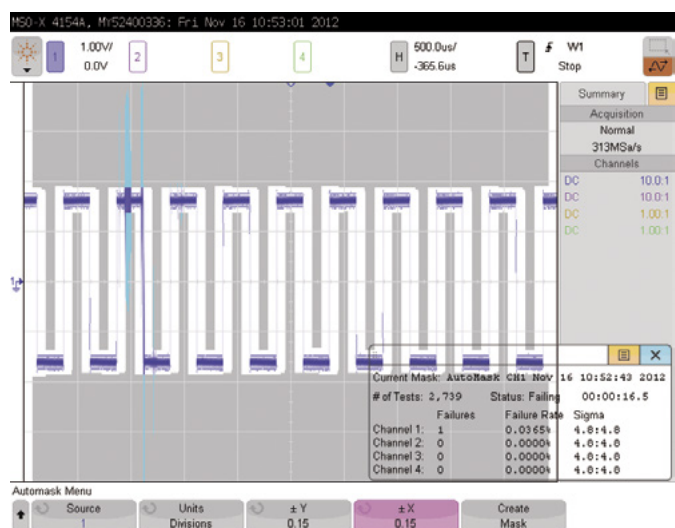
Oscyloskop cyfrowy już dawno przestał być tylko oscyloskopem. Dzięki przetwarzaniu mierzonego sygnału do postaci cyfrowej możliwa stała się wszechstronna jego analiza. Nie dziwi zatem fakt, że oscyloskopy cyfrowe stanowią coraz częściej kilka wirtualnych przyrządów pomiaro-



Rysunek 6. Kilka typowych przebiegów generatora arbitralnego



Rysunek 7. Wirtualny woltmierz cyfrowy



Rysunek 8. Przykład zastosowania testu maski do wykrywania przypadkowych zakłóceń. Rysunek przedstawia zrzut ekranowy z dodanym stemplem czasowym wykonany po zarejestrowaniu przekroczenia maski

wych. Cechę tę wykorzystano również w oscyloskopie MSO-X 4154A, który można wręcz określić jako całe laboratorium pomiarowe.

Pierwszymi dodatkowymi przyrządami pomiarowymi MSO-X 4154A są widoczne gołym okiem, jak najbardziej rzeczywiste, nie wirtualne, dwa generatory arbitralne. Mają one swoje gniazda wyjściowe umieszczone na płycie czołowej. Oprócz kilku przebiegów standardowych (rysunek 6), takich jak: sinus, prostokąt, piła, impulsy, kardioda itp. (w sumie 11 przebiegów), można też definiować własny kształt przebiegu, ale jest on generowany tylko w pierwszym kanale. Do definiowania własnych kształtów przebiegów arbitralnych przewidziano specjalny edytor graficzny obsługiwany z poziomu pulpitu oscyloskopu. Można oczywiście korzystać z ekranu dotykowego, co znacznie ułatwia pracę.

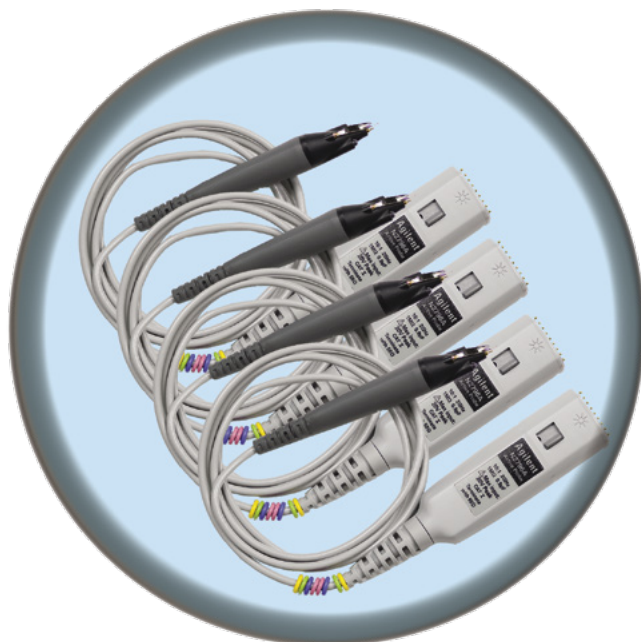
Kolejnym, tym razem wirtualnym przyrządem, jest analizator protokołów magistral szeregowych. Możliwości oscyloskopu MSO-X 4154A są w tym zakresie spore. Obsługiwane protokoły to: I²C, CAN, LIN, FlexRay, SPI, I²S, UART, RS232, MIL-STD-1553, USB, a nawet stosowany w lotnictwie ARINC 429.

Swego rodzaju wirtualne przyrządy pomiarowe ukryte są w obliczeniach matematycznych i pomiarach automatycznych, ale w oscyloskopach InfiniiVision można korzystać również z dodatkowego pakietu specyficznych obliczeń. Są to dość złożone operacje o charakterze analitycznym. Należą do nich: testy maski, analiza zasilania i graficzny woltmierz przypominający tradycyjny przyrząd z wyświetlaczem 7-segmentowym. Ostatnia funkcja dubluje wprawdzie pomiary automatyczne, ale jest bardzo wygodna w użyciu z uwagi na duże, wyraźne cyfry widoczne z daleka bez konieczności wyszukiwania wyniku w gąszczu innych informacji wyświetlanych na ekranie (rysunek 7).

Wirtualny analizator widma oparto, jak zwykle, na obliczeniach FFT. Zakres wyświetlanego widma jest wyznaczany dwoma parametrami: *Span* i *Center*, a więc tak, jak jest to zwykle rozwiązywane w analizatorach widma.

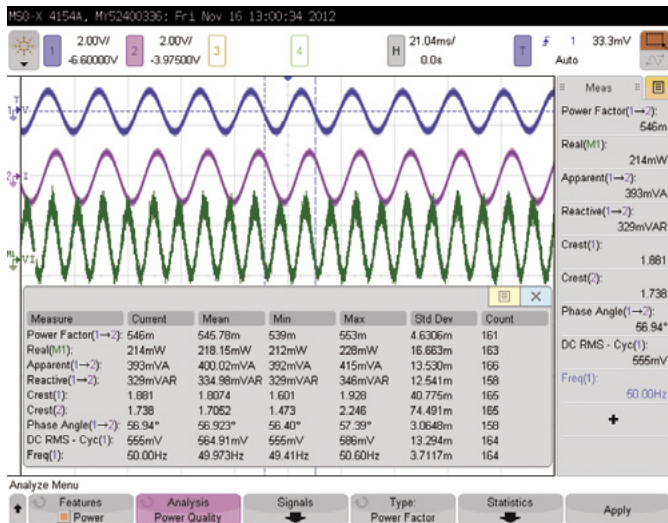
Test maski to standardowe rozwiązanie spotykane w większości oscyloskopów cyfrowych. Poza badaniem czy dany przebieg mieści się w zadanych dla niego granicach tolerancji, metoda ta może być wykorzystywana na przykład do wykrywania przypadkowych zakłóceń. Bardzo przydatną cechą oscyloskopu MSO-X 4154A jest pozostawienie użytkownikowi wyboru sposobu reakcji na przekroczenie maski. Może to być na przykład wykonanie zrzutu ekranowego z dodanym stemplem czasowym (rysunek 8).

Najbardziej złożone obliczenia są związane z pomiarami mocy. Niezbędne są do tego jednak sondy prądowe, których nie ma w standardo-



Rysunek 9. Komplet pomiarowych sond aktywnych N2796A o paśmie 2 GHz

Tabela 1. Najważniejsze parametry techniczne oscyloskopu MSO-X 4154A	
Liczba kanałów	4 analogowe, 16 cyfrowych MSO
Pasma analogowe	1,5 GHz
Szybkość próbkowania	5 GSa/s (kanały analogowe), 1,25 GSa/s (kanały cyfrowe)
Maksymalna częstotliwość przebiegów cyfrowych	250 MHz
Długość rekordu	4 Mpunkty (interleaved), 2 Mpunkty (non-interleaved)
Wyzwalanie	edge, edge then edge, pulse width, pattern, OR, rise/fall time, Nth edge burst, runt, setup & hold, video, zone
Analiza protokołów (opcje)	CAN/LIN, FlexRay, I ² C/SPI, I ² S, UART/RS232, MIL-STD-1553/ARINC 429, USB
Przebiegi referencyjne	4 porównywane z kanałami analogowymi i matematycznymi
Przebiegi generowane przez 2 generatory arbitralne	arbitrary, sine, square, ramp, pulse, DC, noise, sine cardinal, exponential rise, exponential fall, cardiac, Gaussian pulse. Modulacja przebiegów w kanale WaveGen1 za wyjątkiem przebiegów arbitralnych, pulse, DC i szumu



Rysunek 10. Pomiar jakości mocy sygnału

wym wyposażeniu oscyloskopu. Analiza obejmuje badanie jakości mocy, z czym wiąże się obliczenie kilku charakterystycznych parametrów z ich statystyczną obróbką (rysunek 10). Następny pomiar, to analiza harmonicznych, do 40. włącznie. Na ekranie jest wyświetlana tabela podająca szczegółowe dane, wyniki są uzupełnione wykresem widma. W tej grupie jest też pomiar prądu rozruchowego silników elektrycznych.

Pomiary mocy dotyczą jeszcze kilku innych parametrów, m.in.: strat przełączania, modulacji, slew rate, tętnień, włączania/wyłączania, PSRR (Power Supply Rejection Ratio), wydajności.

Wyzwalanie – przykład idzie z góry

Rozwiązania techniczne stosowane w oscyloskopach najwyższej klasy stopniowo przenikają do sprzętu powszechnego użytku. Przykładem mogą być zaawansowane tryby wyzwalania, które coraz częściej spotykamy nawet w tanich oscyloskopach. MSO-X 4154A, jako ten „dający przykład” nie mógł być pozbawiony odpowiednich opcji. Nie zabrakło więc w nim trybów pozwalających na przechwytywanie niektórych „trudnych” przebiegów, na przykład losowych zakłóceń, przebiegów nieokresowych lub rzadko występujących. Kon-

struktorzy oscyloskopu MSO-X 4154A nie poszli jednak na całość. Tryby wyzwalania zostały dobrane w sposób maksymalnie oszczędny, jednak taki, by były przydatne w zdecydowanej większości problemów rozwiązywanych za pomocą tego przyrządu. Mamy więc tryby: *Runt*, *Nth Edge Burst*, *Setup and Hold*, ale są też klasyczne, czyli *Edge* i *Pulse Width*, *Video*. W opcjach wyzwalania pojawiają się także tryby związane z analizą protokołów, jeśli funkcja ta została uaktywniona. Przykładowo, dla protokołu I²C zdarzeniami wyzwalającymi są: wystąpienie określonego adresu lub danej, bitu startu lub stopu, a nawet zdefiniowanej ramki. Podobnie zdarzenia wyzwalające mogą być dobierane dla innych protokołów.

Ocena może być tylko jedna

Wchodzenie w gigahercowe pasma analogowe oscyloskopów cyfrowych stało się już obowiązkiem każdego liczącego się na świecie producenta sprzętu pomiarowego. Agilent Technologies jest niewątpliwie zaliczany do grona liderów, czego potwierdzeniem jest rodzina InfiniiVision 4000. Oscyloskop MSO-X 4154A został zaprojektowany z charakterystyczną dla Agilenta starannością. Już przy pierwszym kontakcie z tym



Rysunek 11. Sonda aktywna N2796A z akcesoriami

przyrządem uwagę zwraca bardzo duży ekran dotykowy, który okazuje się rewelacyjnym rozwiązaniem, doskonale ułatwiającym prowadzenie pomiarów. Parametry techniczne (tabela 1) mówią same za siebie. Mamy do czynienia ze sprzętem dla prawdziwych profesjonalistów.

Jarosław Doliński, EP