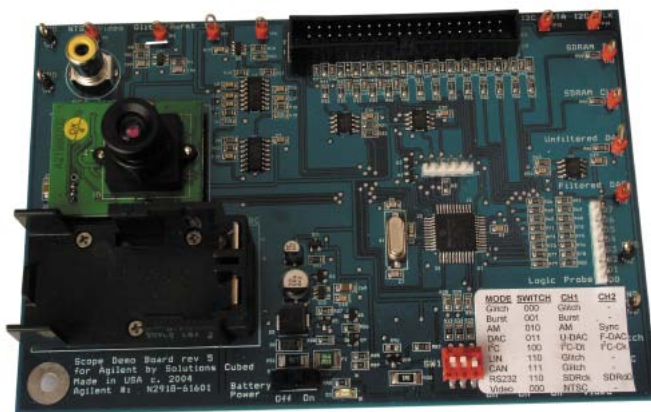


**Dodatkowe informacje:**  
 AM Technologies Sp. z o.o.  
 01-106 Warszawa, ul. Nakielska 3  
 tel.: 22 532 28 00, faks 22 532 28 28  
[www.amt.pl](http://www.amt.pl)

# 4 in 1 – oscyloskop Agilent MSO-X 3054A

*Współczesne, zaawansowane urządzenia elektroniczne łączą w sobie technikę analogową i cyfrową. Prawie zawsze występują w nich interfejsy komunikacyjne zapewniające łączność między poszczególnymi blokami funkcjonalnymi, jak również są one używane do łączenia ze sobą kilku urządzeń. Uruchamianie takich systemów wymaga zróżnicowanego oprzyrządowania pomiarowego, ale analizując względy ekonomiczne, warto rozpatrzyć możliwość zakupu jednego, wszechstronnego przyrządu.*



**Fotografia 1. Płytką demonstrującą „trudne” do obserwacji przebiegi**

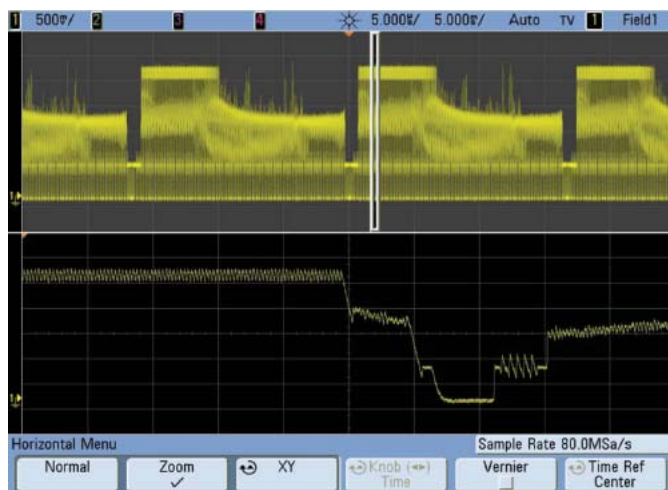
Szczególnym utrapieniem inżynierów są nielatte w uruchamianiu interfejsy komunikacyjne. Z elektrycznego punktu widzenia niewiele się w nich dzieje. Najczęściej występują w nich 2-pozycyjne sygnały cyfrowe pozbawione jakichkolwiek elementów charakterystycznych, mogących posłużyć jako pewny sygnał dla typowego układu wyzwalania. W rezultacie, oglądając przebiegi na liniach interfejsu zwykłym oscyloskopem cyfrowym, trudno jest

uchwycić na ekranie konkretną sytuację. Najczęściej trzeba stosować specjalne zabiegi, na przykład w postaci generowania dodatkowego sygnału wyzwalającego podstawę czasu. Nie zawsze jednak jest to możliwe, chociażby z powodu braku wolnej linii w układzie

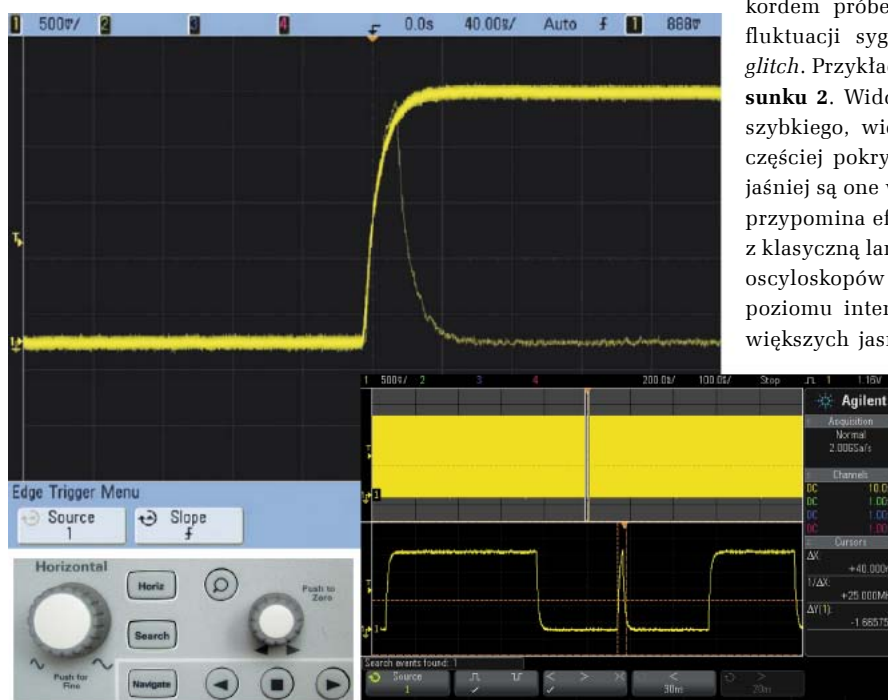
lub niemożności ingerowania w oprogramowanie firmowe. Wyjściem z tej trudnej sytuacji jest użycie analizatora stanów logicznych, a jeszcze lepiej analizatora protokołów, który automatycznie rozpoznaje określone sekwencje występujące w interfejsie, np. bit startu, początek ramki, adres urządzenia, do którego są kierowane dane itp. Nie od dzisiaj wiadomo, że funkcjonalność taką mają zaawansowane oscyloskopy cyfrowe, do których należy m.in. opisywany w artykule MSO-X 3054A firmy Agilent Technologies. Ale po kolei...

#### 4-kanalowy oscyloskop cyfrowy – przyrząd pierwszy z czterech

MSO-X 3054A, choć łączy w sobie cechy kilku przyrządów pomiarowych, jest przede wszystkim bardzo zaawansowanym oscyloskopem cyfrowym sygnałów mieszanych (MSO – *Mixed Signal Oscilloscope*). Oznacza to, że można nim jednocześnie obserwować i mierzyć sygnały cyfrowe i analogowe. Wymaga to jednak nabycia pewnego doświadczenia i niemałych umiejętności. Krótki kurs nauki obsługi oscyloskopu użytkownik może przejść we własnym zakresie, wykorzystując do tego specjalną płytkę edukacyjną mającą oznaczenie N2918-61601 (**fotografia 1**), udostępnianą na życzenie przez producenta. Umieszczono na niej kilka układów generujących trudne do



Rysunek 2. Oscylogram utworzony techniką quasi-analogową



Rysunek 3. Impuls glitch wykryty dzięki dużej szybkości odświeżania ekranu

Tabela 1. Maksymalne częstotliwości próbkowania w zależności od aktywności kanałów

Włączone kanały	Maksymalna częstotliwość próbkowania [GSa/s]
1	4
2	4
3	4
4	4
1, 2	2
1, 3	4
1, 4	4
2, 3	4
2, 4	4
3, 4	2
1, 2, 3	2
1, 2, 4	2
2, 3, 4	2
1, 2, 3, 4	2

obserwacji na zwykłym oscyloskopie przebiegi, demonstrujących jednocześnie zalety MSO-X 3054A.

Testowany w redakcji model oscyloskopu jest najsilniejszym reprezentantem rodziny 3000 X. Jego pasmo analogowe jest równe 500 MHz, maksymalna częstotliwość próbkowania 4 GSa/s. W tym miejscu trzeba jednak wyjaśnić kilka szczegółów związanych z częstotliwością próbkowania, o których producenci na ogół głośno nie mówią, a z danych technicznych również nie zawsze wszystko dość jasno wynika. Otóż po pierwsze, 4 GSa/s to częstotliwość maksymalna, dostępna tylko, co wydaje się oczywiste, dla najszybszych podstaw czasu (50  $\mu$ s/dz...1 ns/dz). Po drugie, wartość ta jest uzyskiwana tylko w trybie tzw. *half-channel interleaved*. W pozostałych przypadkach parametr ten jest równy 2 GSa/s. W praktyce oznacza to, że nie jest obojętne, do których kanałów będą dołączone sondy pomiarowe. W tabeli 1 przedstawiono maksymalną częstotliwość próbkowania w zależności od aktywnych kanałów.

To nie częstotliwość próbkowania jest jednak parametrem szczególnie eksponowanym przez producenta. Jest nią natomiast szybkość rejestrowania przebiegów wynosząca aż 1000000 obrazów na sekundę. Zdolność ta w połączeniu z 256-poziomową intensywnością tworzenia oscylogramów oraz bardzo dużym rekordem próbek jest szczególnie przydatna podczas analizy fluktuacji sygnałów, wykrywania jitterów i zakłóceń typu *glitch*. Przykład wykorzystania tych zalet przedstawiono na rysunku 2. Widoczny tu oscylogram powstał w wyniku bardzo szybkiego, wielokrotnego nałożenia obrazów, przy czym im częściej pokrywają się punkty poszczególnych obrazów, tym jaśniej są one wyświetlane. Tak tworzony wykres do złudzenia przypomina efekt uzyskiwany na oscyloskopach analogowych z klasyczną lampą, co jest bardzo cenioną przez użytkowników oscyloskopów cyfrowych cechą. Warunkiem jest ustawienie poziomu intensywności świecenia ekranu na ok. 50%. Przy większych jasnościach oscylogramy będą wyświetlane jak na popularnych oscyloskopach cyfrowych. Czasami jednak i taka możliwość okazuje się bardzo przydatna.

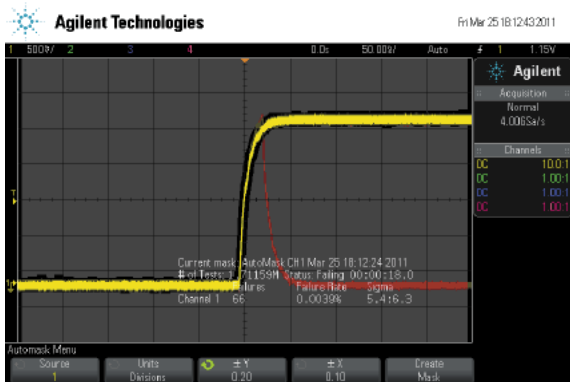
Długość rekordu w oscyloskopie MSO-X 3054A jest standardowo równa 2 Mpunkty, ale z opcją DSOX3MemUP może być zwiększona aż do 4 Mpunktów. Tak długi rekord umożliwia realizację opatentowanej przez Agilenta funkcji MegaZoom, której przydatność doceni z pewnością każdy użytkownik oscyloskopu już przy pierwszych pomiarach. W dolnej części rysunku 2 przedstawiono w bardzo dużym powiększeniu fragment

przebiegu widocznego u góry ekranu. W tym przypadku powiększenie jest równe 1000×, ale można je zwiększyć nawet do 50000×.

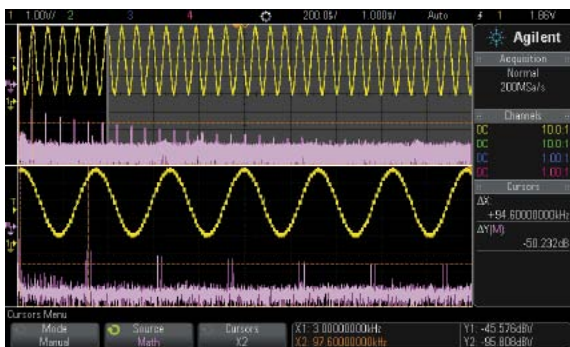
Powróćmy jeszcze na chwilę do imponującej szybkości wyświetlania obrazów w oscyloskopie MSO-X 3054A. Tym razem zostanie ona wykorzystana do wyłapania zakłócenia typu *glitch*. Badany przebieg to ciąg impulsów prostokątnych, w którym od czasu do czasu, losowo, występuje bardzo wąski impuls zakłócający. Przy odpowiednio nastawionej podstawie czasu i wyzwalaniu zboczem, a także maksymalnej jasności obrazu, zakłócenie zostanie bardzo dobrze uwidocznione na ekranie. Sytuacja taka jest przedstawiona na **rysunku 3** w jego górnej części. Widoczne są tu nałożone na siebie, kolejne zbczka całego przebiegu, a wśród nich znajduje się również impuls zakłócający. O skali efektu świadczy oscylogram przedstawiony w dolnej części rysunku. Jest na nim widoczny cały przebieg i 250-krotne powiększenie zakłócenia. Z wyszukaniem takiego impulsu wśród danych zapisanych w rekordzie nie ma najmniejszego problemu. Odbywa się to całkowicie automatycznie przy użyciu funkcji *Search* i podaniu warunku poszukiwania.

Poszukiwanie impulsu zakłócającego, tego samego, którego użyto w poprzednim przykładzie, zostanie wykonane jeszcze jedną metodą, pokazującą przy okazji kolejną funkcję oscyloskopu MSO-X 3054A. Wprawdzie nie ma w nim jawnie zdefiniowanego testu Pass/Fail, tak

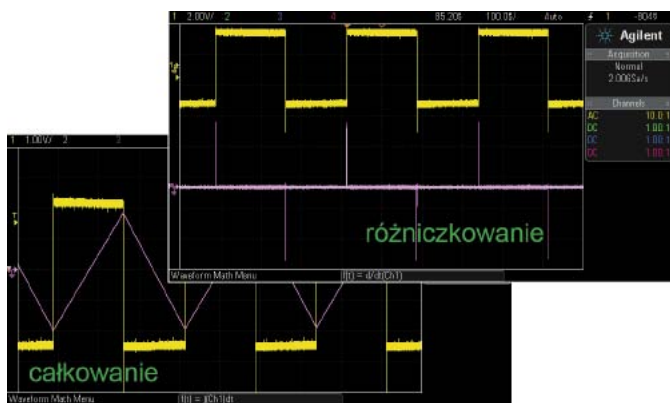
jak to się dzieje w większości oscyloskopów cyfrowych, ale metoda sprawdzania, czy badany sygnał mieści się w zadanej tolerancji, jest możliwa. Funkcja ta jest ukryta pod przyciskami *Analyze* → *Automask*



Rysunek 4. Maskowanie przebiegu – odpowiednik testu Pass/Fail



Rysunek 5. Funkcja FFT z oknem Zoom



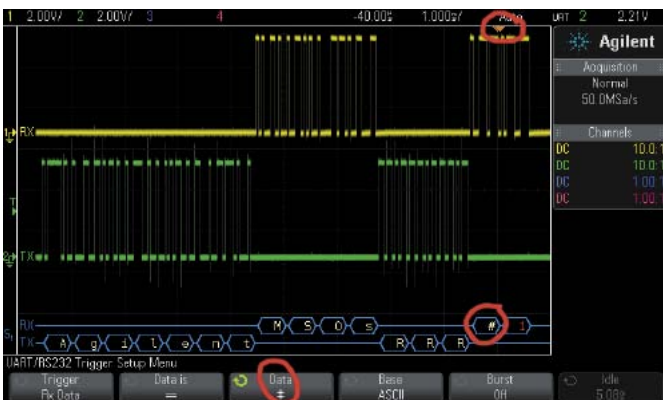
Rysunek 6. Efekt działania funkcji całkowania i różniczkowania

Tabela 2. Najważniejsze dane techniczne oscyloskopu MSO-X 3054A	
Pasma analogowe	500 MHz
Częstotliwość próbkowania	2 GSa/s na kanał, 4 GSa/s interleaved
Liczba kanałów	4 analogowe i opcjonalnie 16 cyfrowych
Rekord	2 Mpunkty (half channel), opcjonalnie 4 Mpunkty
Czułość	2 mV/dz...5 V/dz
Rozdzielczość pionowa	8 bitów
Wyświetlacz	8,5" WVGA 800×480, 64 poziomy jasności
Szybkość odświeżania ekranu	1000000 przebiegów na sekundę
Rozdzielczość pozioma	2,5 ps
Podstawa czasu	1 ns/dz...50 s/dz
Tryby pracy	Main, Zoom, Roll, XY
Tryby wyzwalania	Normal, Auto, Single, Force
Zakres holdoff	40 ns...10,00 s
Typ wyzwalania	Edge, Pulse width, Runt, Setup and hold, Rise/fall time, N <sup>th</sup> edge bust, Pattern, Time-qualified pattern, Video, USB, I <sup>2</sup> S (opcja), I <sup>2</sup> C (opcja), SPI (opcja), CAN (opcja), LIN (opcja), RS-232/422/485/UART (opcja)
Tryby akwizycji	Normal, Peak detect (250 ps), Averaging (2, 4, 8, 16, 64,...65536), High Resolution (12 bitów), Segmented (opcja)
Pomiary automatyczne	– Napięcie: peak-to-peak, maximum, minimum, amplitude, top, base, overshoot, pre-shoot, average– N cycles, average– full screen, DC RMS– N cycles, DC RMS– full screen, AC RMS– N cycles, AC RMS– full screen (standard deviation), ratio (RMS1/RMS2); – Czas: period, frequency, counter, + width, – width, burst width, duty cycle, rise time, fall time, delay, phase, X at min Y, X at Max Y; – Licznik: positive pulse count, negative pulse count, rising edge count, falling edge count – Mieszane: area– N cycles, area– full screen
Licznik	– źródło: dowolny kanał analogowy – rozdzielczość: 5 cyfr – częstotliwość maks.: 500 MHz (pasmo oscyloskopu)
Funkcje matematyczne	f (g(t)) g(t): {1, 2, 3, 4, 1-2, 1+2, 1×2, 3-4, 3+4, 3×4} f(t): {1-2, 1+2, 1×2, 3-4, 3+4, 3×4, FFT(g(t)), differentiate d/dt g(t), integrate ∫ g(t) dt, square root √g(t)}
FFT	Maks. 64 kpunktów Okna: Hanning, Flat Top, Rectangular, Blackman-Harris
Porty	2×USB 2.0 host, 1×USB 2.0 device LAN 10/100Base-T (wymaga modułu DSOXLAN) Video (wymaga modułu DSOXLAN) GPIB (wymaga modułu DSOXGPIB)
Generator funkcyjny	Sinus: 0,1 Hz...20 MHz, THD 1% Prostokąt: 0,1 Hz...10 MHz, wypełnienie 20...80%, czas narastania/opadania 18 ns Piła: 0,1 Hz...100 kHz, liniowość 1%, symetria 0...100% Szum: pasmo 20 MHz DC
Standardy sondy cyfrowej	TTL, CMOS 5V, ECL, poziomy progowe definiowane przez użytkownika
Wymiary	380,6×204,4×141,5 mm
Masa	3,85 kg (4,08 kg z osprzętem dodatkowym)

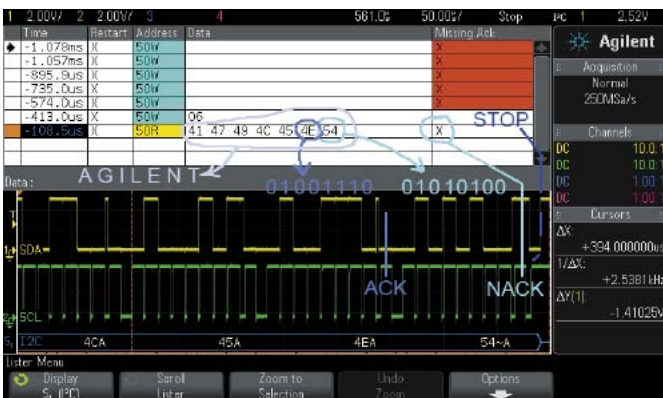
→ *Create Mask (Clear Mask)*. Metoda postępowania jest podobna. Po zdefiniowaniu maski wzorcowej każdy przebieg nie mieszczący się



Rysunek 7. Jednoczesna obserwacja przebiegów cyfrowych i analogowych



Rysunek 8. Badanie interfejsu RS232



Rysunek 9. Wykorzystanie Listera podczas badania interfejsu I2C

w niej jest rysowany innym kolorem, następuje również inkrementacja licznika takich przypadków. Na **rysunku 4** impuls zakłócający, wykraczający oczywiście poza maskę, jest wyraźnie uwidoczniony.

Potęga oscyloskopów cyfrowych wysokiej klasy polega na dodatkowych funkcjach pomiarowych i trybach wyzwalania udostępnianych przez oprogramowanie firmowe. W opisywanym przyrządzie mamy w czym wybierać. W czasie rzeczywistym oscyloskop dokonuje pomiaru 33 różnych parametrów, opracowuje przy tym ich zestawienie statystyczne. W bloku obliczeń matematycznych mamy operacje typowe, takie jak dodawanie, odejmowanie i mnożenie kanałów oraz dość powszechnie również występującą analizę FFT. Oprócz nich są też rzadko spotykane: całkowanie, różniczkowanie i pierwiastkowanie. Efekty działania tych funkcji przedstawiono na **rysunku 5 i 6**.

W opcjach wyzwalania znajduje się szereg pozycji zupełnie nieznanymi użytkownikom oscyloskopów niższej klasy. Kilka z nich wynika z innych, unikatowych możliwości oscyloskopu. Tryby wyzwalania wymieniono w **tabeli 2**. Oprócz normalnej pracy nie brak też trybów X-Y i Roll Mode. Ten ostatni jest przydatny podczas badania bardzo wolno-zmiennych przebiegów, a to dlatego, że wykres jest tworzony bez zapełniania rekordu, od prawej strony do lewej. Najwolniejsza podstawa czasu jest wprawdzie taka sama, jak w trybie Normal, czyli 50 s/dz, ale gdyby tak był ustawiony układ akwizycji, to rozpoczęcie kreślenia oscylogramu następowaloby dopiero po 250 sekundach od wyzwolenia podstawy czasu ( $50 \text{ [s/dz]} \times 5 \text{ [dz]}$ ). Sytuacja taka dotyczy oczywiście najczęstszych chyba przypadków, w których moment wyzwolenia jest ustawiony na środku ekranu. I tu mamy kolejną, bardzo użyteczną funkcję, jaką jest szybkie przesunięcie punktu odniesienia z pozycji centralnej na lewą lub prawą. Moment wyzwolenia przypada wówczas na pierwszą działkę z lewej lub z prawej strony ekranu. Niezależnie, punkt ten można przesuwając również ręcznie, jak to się dzieje w każdym oscyloskopie.

Bardzo wygodnym udogodnieniem jest przycisk *Quick Action* wywołujący działanie zdefiniowane przez użytkownika. Zainicjowanie określonej akcji jest możliwe jednym naciśnięciem przycisku, bez konieczności przechodzenia przez uciążliwe menu i określanie za każdym razem dodatkowych parametrów. Do takich działań należą: wywołanie tabeli z pomiarami automatycznymi wszystkich parametrów, drukowanie, zapisywanie nastaw, danych pomiarowych lub zrzutów ekranowych w określonym rodzaju nośnika, przywołanie nastaw, zamrażanie stanu wyświetlacza, zmiana trybu wyzwalania (Normal/Auto) i czyszczenie ekranu.

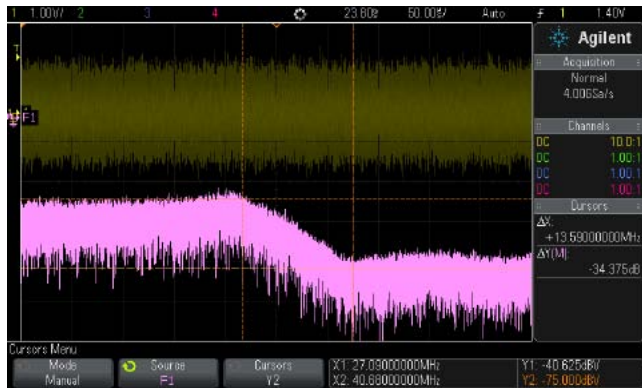
### 16-bitowa sonda logiczna – przyrząd drugi z czterech

Jak przystało na oscyloskop sygnałów mieszanych, MSO-X 3054A jest wyposażony w 16-bitową sondę logiczną. Jej gniazdo wejściowe znajduje się pod ekranem. Z wtyku są wyprowadzone dwie tasiemki,

REKLAMA

**Minimoduł ATTiny2313**  
**AVT1610**

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



Rysunek 10. Widmo szumu wytwarzanego przez wbudowany generator funkcyjny

łatwych do przyłączenia w badanym układzie elastycznych przewodów. W komplecie znajdują się chwytaki ułatwiające przypięcie końcówek na przykład na nóżkach układu scalonego. Przykład jednoczesnej obserwacji przebiegów cyfrowych i analogowych przedstawiono na **rysunku 6**. Na oscylogramie są widoczne przebiegi wyjściowe pochodzące z cyfrowego generatora sinusoidalnego. Ze względu na łatwość realizacji, w takiej roli często jest stosowana drabinka rezystorowa. Na jej wejścia są podawane specjalnie dobrane stany logiczne, a w wyniku odpowiedniego sumowania napięć na rezystorach, na wyjściu jest uzyskiwany żądany kształt sygnału, w tym przypadku sinusoidy. Końcówki sondy logicznej zostały dołączone do wejść takiej drabinki, natomiast kanały analogowe pokazują ostateczny efekt działania generatora. Kanał 1 dołączono bezpośrednio do wyjścia drabinki, natomiast kanał 2 pokazuje sygnał wyjściowy po odfiltrowaniu produktów obróbki cyfrowej. Przebiegi cyfrowe mogą być wyświetlane jako pojedyncze linie lub zebrane w całość jako szyna, której stan jest podawany w zapisie heksadecymalnym lub binarnym.

### Analizator protokołów – przyrząd trzeci z czterech

Analizator protokołów (opcja) jest może nieco na wyrost reklamowany jako kolejny wirtualny przyrząd zaszyty w oscyloskopie MSO-X 3054A. W rzeczywistości jest to specjalna funkcja umożliwiająca badanie popularnych, szeregowych interfejsów komunikacyjnych. Są to: I<sup>2</sup>C, SPI, RS232, UART, CAN, LIN i I<sup>2</sup>S. Myślę, że każdy, kto ma z nimi na co dzień do czynienia, chciałby mieć na wyposażeniu swojej pracowni taki oscyloskop, jak MSO-X 3054A. Funkcja analizatora protokołów umożliwia bardzo wygodne i intuicyjne śledzenie zdarzeń występujących na liniach popularnych interfejsów. Użytkownik jest zwolniony ze żmudnego analizowania danych bit po bicie – robi to za niego oscyloskop. W zależności od wybranego rodzaju interfejsu w menu wyzwalania pojawiają się odpowiednie dla niego opcje. Dzięki temu możliwe jest synchronizowanie wyświetlanego na ekranie obrazu do odpowiednich zdarzeń. Na **rysunku 7** przedstawiono badanie interfejsu RS232 wysyłającego znakowy komunikat o treści „MSOs#1” i odbierającego „AgilentRRR”. Wyzwalanie następowało po wykryciu odebrania znaku „#”. W celu obserwacji całego komunikatu moment wyzwolenia został przesunięty na prawą część ekranu. Dane na liniach interfejsu mogą być wyświetlane w postaci binarnej, heksadecymalnej lub jako znaki ASCII. Są one widoczne w dolnej części ekranu.

Jest jeszcze jeden mechanizm bardzo przydatny podczas analizowania danych – to tzw. lister (**rysunek 8**). Po jego aktywowaniu wszystkie zdarzenia zaobserwowane na liniach badanego interfejsu są wyświetlane w postaci tabeli, bez względu na to, czy są one poprawne, czy błędne. Przewijanie oscylogramu w osi czasu powoduje równoczesne scrollowanie tabeli (w górę lub w dół). Na rysunku 8 obserwujemy transmisję danych interfejsem I<sup>2</sup>C. Naniesiono na nim ręczną interpretację poszczególnych bitów.

Przed przystąpieniem do badania danego interfejsu szeregowego zawsze należy podać jego parametry (długość ramki, parzystość, prędkość transmisji itp.). Bez tego poprawna analiza wykonywana przez oscyloskop nie będzie oczywiście możliwa.

### Generator funkcyjny – przyrząd czwarty z czterech

W przeciwieństwie do analizatora protokołów, generator funkcyjny wbudowany w oscyloskop MSO-X 3054A jest jak najbardziej rzeczywistym, nawet nie wirtualnym przyrządem. Nie stanowi on jednak standardowego wyposażenia, jest instalowany po wykupieniu opcji DSOX3WAVEGEN. Generator dysponuje własnym gniazdem wyjściowym umieszczonym na panelu czołowym oscyloskopu. Wytwarza kilka typowych, często wykorzystywanych w praktyce przebiegów, takich jak: sinus, prostokąt, piła, impuls, napięcie stałe oraz szum. Godna uwagi jest dolna częstotliwość sygnału wyjściowego równa 100 mHz, górna natomiast zależy od kształtu przebiegu, np. dla sinusoidy jest równa 20 MHz. Na **rysunku 10** przedstawiono szum i jego widmo częstotliwościowe. Obsługa generatora jest bardzo intuicyjna. Wszystkie parametry generowanych przebiegów są ustawiane cyfrowo, po naciśnięciu przycisku *Wave Gen*. Dane techniczne tego przyrządu być może nie dorównują urządzeniom stacjonarnym, ale jest on zawsze „pod ręką”, co w wielu przypadkach na pewno okaże się istotną zaletą.

### Z myślą o kliencie

Oscyloskopy serii 3000 X są oferowane przez producenta, firmę Agilent, w kilku wersjach różniących się między sobą podstawowymi parametrami i niektórymi cechami funkcjonalnymi. Jednak najbardziej odczuwalną dla klienta różnicą jest oczywiście cena poszczególnych oscyloskopów. Niestety często zdarza się, że w chwili nabywania sprzętu jego przyszli użytkownicy nie mogą sobie pozwolić na najwyższy model przyrządu. Perspektywa kupowania dwóch oscyloskopów – jednego najprostszego, ale i najtańszego, na „rozruch” firmy, a po jakimś czasie drugiego, o lepszych parametrach, za to droższego, oznaczałaby *de facto* przeplacenie całej inwestycji. W przypadku oscyloskopów Agilenta jest jednak doskonale wyjście z tej kłopotliwej sytuacji. Producent udostępnia bowiem software’owy upgrade sprzętu, i to w kilku kategoriach. Można na przykład przejść z wersji DSO do wersji MSO, można podwyższyć pasmo oscyloskopu, jak również powiększyć jego pamięć. Tą samą metodą „włączany jest” opisany wcześniej wewnętrzny generator oscyloskopu. Wszystko metodą całkowicie programową – poprzez udostępnienie użytkownikowi odpowiednich kluczy za stosowną opłatą.

Na rynku przyrządów pomiarowych trwa odwieczna walka pomiędzy producentami. Każdy z nich stosuje pewne „sztuczki” przyciągające klienta do swojej marki. Przykładem mogą być unikatowe rozwiązania sond oscyloskopowych Tektroniksa, powodujące, że nie mogą one współpracować z oscyloskopami innych producentów. Tak więc klient, który raz kupi oscyloskop tej marki wraz z oprzyrządowaniem, teoretycznie powinien pozostać przy tej firmie. Jak wiemy, nie ma jednak skutecznych zabezpieczeń, i tak, walcząc o klienta, Agilent opracował specjalny adapter umożliwiający dołączanie do swoich oscyloskopów również sond Tektroniksa. A że sondy zawsze powinny być pod ręką, w oscyloskopie MSO-X 3054A w pobliżu składanego uchwyty znajduje się specjalny schowek na akcesoria.

### Tylko bogatych stać na kredyt

Czy da się obliczyć, w jakim stopniu złotówki wydane na zakup sprzętu zwracają się w postaci efektywności pracy? Pewnie tak. Wynik zależy od intensywności wykorzystywania danego urządzenia, od stopnia skomplikowania pomiarów, liczby i charakteru badanych sygnałów i wielu innych czynników. Należy mieć również świadomość tego, że pewnych zjawisk nie da się w ogóle wykryć prostszymi przyrządami, nie mówiąc o precyzyjnym ich zmierzeniu. Pół biedy, gdy zdajemy sobie z tego sprawę, znacznie gorzej jest jednak, gdy w pełni ufamy przyrządowi, który nie mierzy wszystkiego. To trochę jak z ultradźwiękami, które przecież są, a których nie słyszymy. Oscyloskop MSO-X 3054A potrafi zmierzyć bardzo dużo, więc można mu na pewno zaufać.

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