

# Oscyloskop Rohde&Schwarz RTM 1054

*Rohde&Schwarz to marka bardzo dobrze znana specjalistom od pomiarów radiowych i telekomunikacyjnych. Bądź co bądź, jest to jedna z firm „rządzących” w tej branży. Do bogatej listy najbardziej zaawansowanych technologicznie przyrządów pomiarowych, takich jak: analizatory widma, mierniki pola, testery EMC, generatory, testery sieci bezprzewodowych itp., do oferty R&S stosunkowo niedawno dołączono oscyloskopy.*

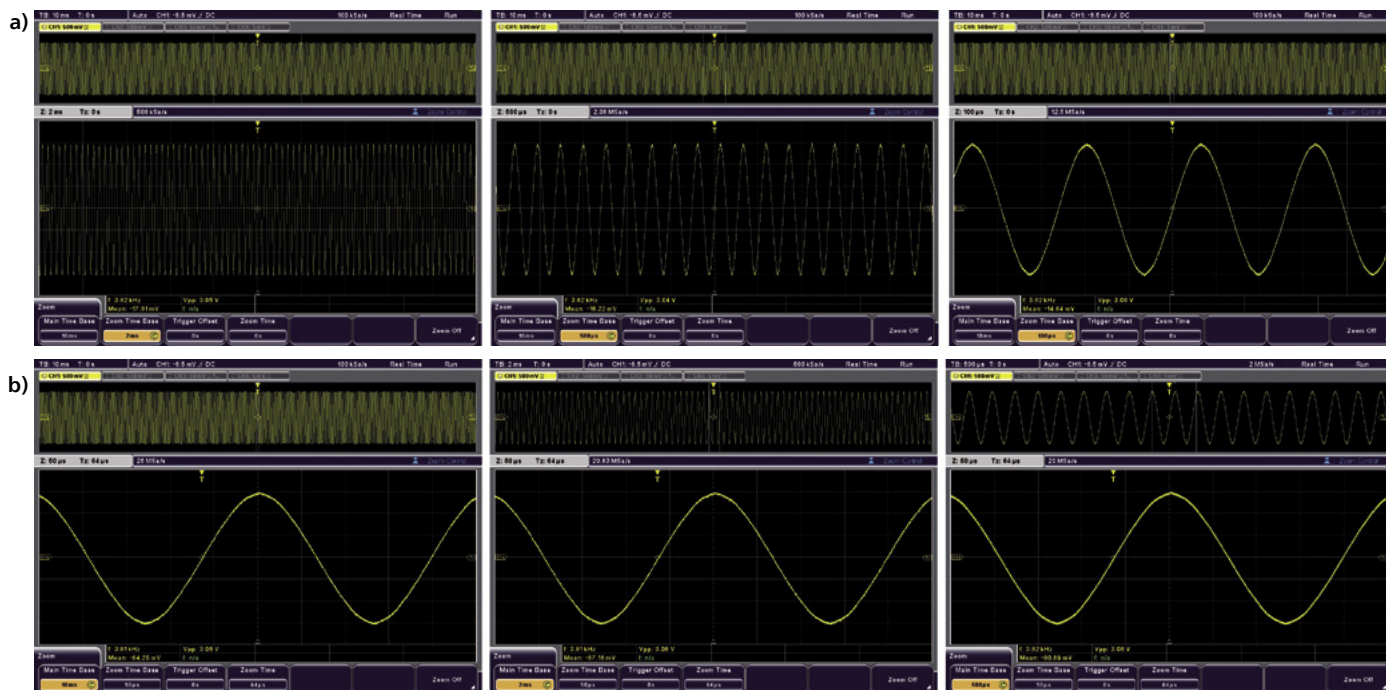
Zdaniem analityków R&S, zainteresowanie oscyloskopami o najwyższych parametrach, mimo bardzo wysokich cen, jest na tyle duże, że konkurencja może pomieścić jeszcze jedną markę. Uwzględniając wieloletnie doświadczenia firmy Rohde&Schwarz w zakresie produkcji skomplikowanej aparatury pomiarowej, podjęto więc decyzję o rozpoczęciu własnej produkcji takich oscyloskopów. Istotnie, z technicznego punktu widzenia zaprojektowanie i wyprodukowanie oscyloskopów o paśmie analogowym 600 MHz czy 2 GHz oraz częstotliwości próbkowania 10 GSa/s było w zasięgu możliwości firmy Rohde&Schwarz. Większym problemem wydaje się być marketing i metody przebicia się do światowej czołówki. Do zaistnienia

#### Dodatkowe informacje:

Artykuł opublikowano we współpracy z portalem [Mikrokontroler.pl](http://Mikrokontroler.pl)

w branży konieczne było równoległe wprowadzenie do sprzedaży tańszych modeli oscyloskopów, gwarantujących jednak wysoką jakość, do której przyzwyczaili się stali klienci Rohde&Schwarz'a. Wymagania te spełniają przyrządy rodziny RTM, charakteryzujące się pasmem analogowym 500 MHz i częstotliwością próbkowania 2,5 GSa/s (5 GSa/s). Jeden z takich oscyloskopów, RTM 1054 zostanie opisany w artykule.

Rodzina RTM składa się obecnie z dwóch modeli: 2-kanalowego RTM 1052 i 4-kanalowego RTM 1054. Poza liczbą kanałów, parametry techniczne obu modeli są jednakowe. Mimo, że RTM 1054 jest przedstawicielem niższej klasy oscyloskopów firmy Rohde&Schwarz, to jego parametry przewyższają, i to dość sporo, parametry większości popularnych oscyloskopów klasy średniej. Przyrząd ten został zakwalifikowany przez producenta jako narzędzie codziennej pracy, a więc ma służyć do wykonywania nawet typowych pomiarów, czy to na linii produkcyjnej, w biurze konstrukcyjnym czy w serwisie. Jak wykazały przeprowadzone próby, rzeczywiście nadaje się do tego doskonale. Daje się jednak odczuć nieco inne, niemieckie podejście do pewnych zagadnień konstrukcyjnych, w porównaniu z przeważającymi na rynku wyrobami amerykańskimi.



Rysunek 1. Regulacja nastaw przy włączonej funkcji „Zoom” – a) zmiana powiększenia przy ustalonej podstawie czasu, b) zmiana podstawy czasu przy ustalonym powiększeniu

Już po włączeniu oscyloskopu uwagę zwraca jego niemal bezgłośna praca. Wprowadzie w pierwszym momencie, zanim w pełni nie zostanie zainicjowane oprogramowanie, wentylator pracuje pełną mocą, lecz już po kilku sekundach wszystko cichnie niemal do zera. Oscyloskop pobiera z zasilania moc nieprzekraczającą 100 W, co biorąc pod uwagę parametry czasowo-częstotliwościowe oraz liczbę kanałów jest niezłym osiągnięciem.

### Inaczej niż wszyscy

Obsługa oscyloskopu RTM 1054, chociaż dość intuicyjna, wymaga jednak pewnego przyzwyczajenia, albo mówiąc inaczej, pewnego odzwyczajenia od nawyków nabytych przy pracy z wyrobami innych producentów. Kilka takich różnic zostanie przedstawionych niżej.

Pierwszą z nich jest załączanie i wyłączanie kanałów pomiarowych. Rohde&Schwarz zastosował rozwiązanie raczej mało wygodne. O ile włączenie danego kanału następuje po naciśnięciu jednego z przycisków: CH1...CH4, to ponowne jego naciśnięcie nie skutkuje żadną akcją. W celu wyłączenia kanału x trzeba wybrać sekwencję przycisków: CHx → SIGNAL OFF. Do regulacji przesunięcia oscylogramu i czułości danego kanału przeznaczono jeden komplet pokręteł. Przed ich użyciem należy wskazać kanał, którego nastawy mają ulec zmianie. Jest to rozwiązanie stosowane dość powszechnie, pozwala zaoszczędzić sporo miejsca na panelu czołowym przyrządu. Nieczęsto spotykana opcja znajduje się natomiast w drugim oknie menu wyświetlanego po naciśnięciu przycisku wybranego kanału. Chodzi o parametr „Deskew”, za pomocą którego jest kompensowany wpływ długości kabli pomiarowych oraz parametrów sondy na propagację sygnału. Niejednokrotnie czas propagacji sygnału przez kable o różnych długościach może nieznacznie zmieniać moment wyzwania, czego niepożądanym efektem będzie rozszynchronizowanie się przebiegów mierzonych jednocześnie w kilku kanałach. Zakres regulacji tego parametru jest równy  $\pm 100$  ns. Warto wiedzieć, że czas propagacji kabla koncentrycznego o długości 1 metra wynosi typowo 5,3 ns.

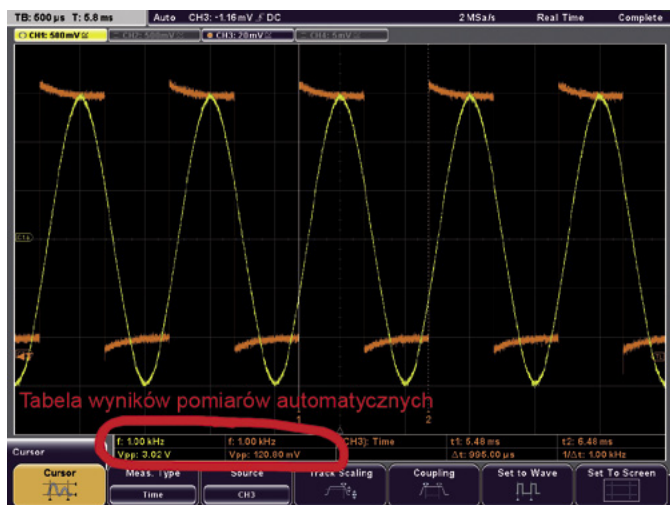
Rohde&Schwarz nieco inaczej podchodzi także do obsługi funkcji Zoom, nie patentując, przynajmniej na razie, własnych rozwiązań i nie nadając im własnych, zastrzeżonych nazw. Funkcja ta jest zrealizowana metodą klasyczną, w możliwie najprostszy sposób. Jednocześnie zastosowano pewien niespotykany (ale czy przydatny) element, jakim jest możliwość zmiany podstawy czasu oraz wielkości powiększenia po włączeniu funkcji „Zoom”. Na rysunku 1a przedstawiono sytuację,

w której po włączeniu funkcji „Zoom” podstawa czasu nie ulega zmianie, natomiast regulowane jest powiększenie (pokrętelem podstawy czasu). Z kolei na rysunku 1b, po włączeniu funkcji „Zoom” powiększenie pozostaje stałe (przykładowo 50  $\mu$ s), natomiast zmienia się podstawa czasu. Służy do tego pokrętko NAVIGATE, które może być użyte po wcześniejszym uaktywnieniu opcji Main Time Base klawiszem funkcyjnym znajdującym się pod ekranem. Maksymalne powiększenie uzyskiwane w oscyloskopie RTM 1054 jest równe 200000:1, co należy zawdzięczać bardzo dużemu rekordowi danych.

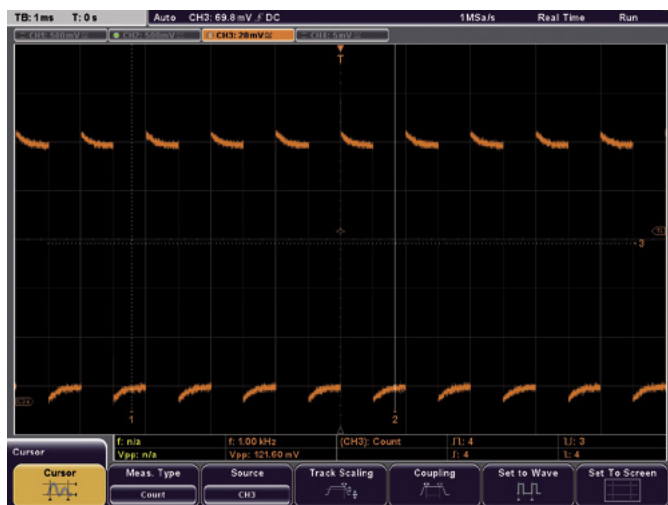
Tryb XY jest nadal uwzględniany we współczesnych oscyloskopach cyfrowych, chociaż jego wykorzystanie przeniesione bezpośrednio z przyrządów analogowych jest raczej mało użyteczne. Wynika to z bogatych, na ogół, tzw. pomiarów automatycznych, wykonywanych w czasie normalnej pracy. Za stosowaniem trybu XY może przemawiać bardzo wyrazista forma przedstawiania zależności fazowo-częstotliwościowych między dwoma przebiegami. Opcje konfiguracyjne trybu XY oscyloskopu RTM 1054 umożliwiają dowolne przypisanie każdego z kanałów do osi X i Y. Ponadto istnieje możliwość zdefiniowania trzeciego kanału Z, wykorzystywanego do modulowania jasności świecenia



Rysunek 2. Tryb XYZ, w którym kanał Z jest wykorzystywany do modulacji jasności oscylogramu



Rysunek 3. Tabela wyników pomiarów automatycznych



Rysunek 5. Pomiar kursorami w trybie Count



Rysunek 4. Definiowanie parametrów dla pomiarów automatycznych



Rysunek 6. Przykładowy ekran uzyskiwany po uaktywnieniu funkcji Quick Meas

przebiegu XY. Oscylogram ma podwyższoną jasność, jeśli poziom przebiegu zdefiniowanego jako „Z” ma poziom wyższy od zadanego progu. Przykład takiego pomiaru przedstawiono na **rysunku 2**.

Oscyloskop cyfrowy służy oczywiście nie tylko do oglądania przebiegów elektrycznych, ale też do dokładnego pomiarzenia wielu parametrów elektrycznych. Niestety, pomiary automatyczne rozwiązano w oscyloskopie RTM 1054 w sposób niezbyt wygodny. Jednocześnie mogą być wyświetlane cztery parametry dowolnie przypisywane przez użytkownika do czterech pól w tabelce wyników (**rysunek 3**). Ale możliwość ta zamiast ułatwiać, bardzo utrudnia pracę, gdyż do każdego parametru zawsze należy określać konkretne pole. Wykonuje się zatem zupełnie niepotrzebne, wręcz irytujące operacje manualne. Dodatkowym utrudnieniem jest niezależna opcja włączania lub wyłączania każdego pola. Jeśli więc, użytkownik mozolnie przebrnie przez etap przypisywania parametrów do pól tabelki, to musi jeszcze pamiętać o włączeniu danego pola (**rysunek 4**). Pominięcie tego kroku spowoduje, że wynik pomiaru nie będzie wyświetlony na ekranie. Można mieć również wątpliwość czy nie pomyłono kierunku obrotów pokrętki NAVIGATE wykorzystywanego do wprowadzania danych.

Udrękę z pomiarami automatycznymi rekompensują za to świetnie opracowane pomiary kursorowe. Są one inicjowane po naciśnięciu przycisku *Cursor*. To, co kursory będą wskazywać jest uzależnione od rodzaju pomiaru, który musi być wcześniej określony. Trybom pracy kursorów nadano nazwy: napięcie, czas, stosunek X, stosunek Y, licznik, wartość szczytowa, RMS, średnia, współczynnik wypełnienia, czas narastania i V-Marker. Dodatkowe opcje pozwalają błyskawicznie ustawić kursory w charakterystycznych punktach wykresu, np. na

początku i końcu okresu, sprzęgając je ze sobą, przypisywać do wskazanych kanałów pomiarowych. Po uaktywnieniu opcji *Track Scaling* kursory przesuwać się wraz z oscylogramem przy zmianie położenia wertykalnego. Jeśli się tego nie zrobi, to mimo poziomego przesuwania wykresu, kursory pozostają nieruchome. Wartości liczbowe związane z pomiarami kursorowymi są wyświetlane w tej samej tabelce, w której są umieszczane wyniki pomiarów automatycznych, tylko na dodatkowych czterech polach. Przykład pomiaru kursorowego w trybie *Count* przedstawiono na **rysunku 5**. Zliczane są tu zbocza narastające i opadające oraz pełne impulsy zawarte między kursorami.

Nie są to jeszcze wszystkie możliwości pomiarowe. Należy wspomnieć o jeszcze jednym udogodnieniu, jakim jest przycisk *Quick Meas*. Jego naciśnięcie powoduje zaznaczenie na oscylogramie charakterystycznych punktów, które zostały wykorzystane do obliczenia kilku najważniejszych parametrów przebiegu (**rysunek 6**). Są to: napięcie średnie, napięcia szczytowe (górne i dolne – niekoniecznie dodatnie i ujemne), czas narastania i czas opadania (jeśli są możliwe do obliczenia przy ustalonej podstawie czasu).

Z pomiarami jest, w pewnym sensie, związany również test maski, elektronikom znany bardziej jako test Pass/Fail. Test polega na sprawdzaniu czy badany sygnał mieści się w zakresie dopuszczalnej tolerancji określonym za pomocą maski. Maskę tę należy więc zdefiniować przed pomiarem, a najwygodniej to uczynić posługując się przebiegiem wzorcowym. Po doprowadzeniu takiego przebiegu do wejścia oscyloskopu należy go skopiować do maski. Następnie rozciąga się ją do rozmiarów przyjętych jako dopuszczalny zakres zmian przebiegu testowanego. Dotyczy to wahań amplitudy i częstotliwości.



Rysunek 7. Test maski



Rysunek 9. Oscylogram funkcji FFT



Rysunek 8. Oscylogramy uzyskane w wyniku zastosowania obliczeń matematycznych – całkowania i różniczkowania

Po uruchomieniu testu można zdecydować, jaka akcja ma być podjęta w przypadku wykrycia przekroczenia tolerancji. Może to być sygnał dźwiękowy, zatrzymanie testu z jednoczesnym pokazaniem błędu, wydrukowanie błędnego oscylogramu na dołączonej do oscyloskopu drukarce lub zapisanie zrzutu ekranowego w pamięci masowej. Przykład testu maski pokazano na **rysunku 7**.

### Według obowiązujących standardów

Przyrządy pomiarowe, niezależnie od ich producentów, mają podobne cechy użytkowe, tak jak jest to w przypadku telewizorów, samochodów, sprzętu AGD, czy nawet uzbrojenia. Różnice polegają na indywidualnym wykończeniu szczegółów, elementom designu, ale też pewnym funkcjom zależnym od technologii, którą dysponuje dany wytwórca. Trudno zatem dziwić się, że te same funkcje pomiarowe znajdujemy w oscyloskopach Agilenta, Tektronixa czy LeCroya. Ba, nawet małe, chińskie oscyloskopy klasy co najwyżej średniej również próbują naśladować wielkich. Wobec tego faktu warto więc przyjrzeć się, jak typowe funkcje zostały zrealizowane w oscyloskopach RTM Rohde&Schwarz'a.

Funkcje matematyczne, według obowiązujących standardów, wykraczają poza zwykłe dodawanie, odejmowanie, mnożenie i dzielenie przebiegów z poszczególnych kanałów. Aktualnie trudno sobie wyobrazić, by klasowy oscyloskop nie miał własnego edytora równań, pozwalającego na zagnieżdżane obliczenia z użyciem zaawansowanych funkcji matematycznych, takich jak na przykład: pierwiastkowanie, logarytmowanie, całkowanie, różniczkowanie, a nawet filtrowanie częstotliwościowe. FFT już dawno została włączona do standardu.

Na **rysunku 8** przedstawiono oscylogram uzyskany w wyniku zastosowania funkcji całkowania przebiegu z kanału 1, a następnie zróżniczkowania go po czasie. Ostateczny przebieg powinien być identyczny z wejściowym. Błędy obliczeniowe powodują, że zwykle tak nie jest. Można to zaobserwować na rys. 8. Funkcja FFT dostępna w oscyloskopie RTM 1054 wymaga zarejestrowania bardzo dużej liczby okresów przebiegu badanego, tak by na podglądzie  $y(t)$  zlewał się niemal w jedną całość. Tylko wówczas możliwe jest duże rozciągnięcie widma, umożliwiające dokonanie jakichkolwiek pomiarów kursorowych. Z tego samego powodu warto ustawiać jak najdłuższy rekord danych wykorzystywany do obliczeń FFT (**rysunek 9**).

Kolejną funkcją, pojawiającą się coraz częściej nawet w oscyloskopach niższej klasy, jest analizator protokołów. Nie mogło więc jej zabraknąć w RTM 1054, chociaż jest ona potraktowana trochę po macoszemu. Oscyloskop ten nie ma kanałów cyfrowych, przebiegi z interfejsów komunikacyjnych są interpretowane w postaci analogowej. Wybór specjalnego trybu pracy następuje po naciśnięciu przycisku *PROTOCOL*. Z wyświetlonej na ekranie listy można wybrać: magistralę równoległą, SSPI (2 Wire), SPI (3 Wire), I<sup>2</sup>C, UART, jednakże tylko magistrala równoległa (i to wyłącznie 4-bitowa dla RTM 1054) jest udostępniana bez dodatkowych licencji.

Tryby wyzwalania ograniczono do najczęściej spotykanych w większości oscyloskopów cyfrowych. Do lokalizacji pojedynczych, losowo występujących zakłóceń można wykorzystywać regulowany czas powiaty oraz wyświetlanie oscylogramów metodą *Inverse Brightness* lub *Temperature Color Gradient*. Wśród trybów wyzwalania jest typowe wyzwalanie zboczem, szerokością impulsu, sygnałem wideo, w tym HDTV. Ponadto, przy braku kanałów cyfrowych, chyba trochę na wyrost, dodano wyzwalanie typu „Pattern”, w którym można definiować logiczne zależności między sygnałami doprowadzonymi do poszczególnych wejść powodujące wyzwolenie podstawy czasu. Bardzo wygodne są wydzielone przyciski służące do określania rodzaju zbrocza wyzwalającego (narastające, opadające, oba) oraz szybki przełącznik trybu Auto/Normal.

### Dobre pomysły

W oscyloskopie RTM 1054 rewelacyjnie opracowano system podpowiedzi kontekstowych. Jest to jedno z lepszych rozwiązań spotykanych w oscyloskopach cyfrowych. Podpowiedzi są krótkie, ale bardzo konkretne. Wyczerpująco objaśniają zagadnienie. Elementy regulacyjne dostępne na panelu czołowym są podświetlane lampkami zmieniającymi kolor w zależności od kanału, do którego są w danym momencie przypisane. W ten sposób wyraźnie jest widoczna na przykład informacja o kanale pełniącym rolę źródła wyzwalania. Dobrym pomysłem było też umieszczenie po lewej stronie ekranu przycisków szybkiego wywoływania niektórych funkcji. Są tam zgrupowane przyciski: *Autoset*, *Preset*, *File*, *Setup*, *Print*, *Help*, *Display* oraz pokrętko

Tabela 1. Najważniejsze dane techniczne oscyloskopu RTM 1054

Liczba kanałów pomiarowych	4
Impedancja	50 Ω ±1,5% 1 MΩ ±1% 13 pF ±1 pF
Pasma analogowe (-3 dB)	500 MHz dla 1 MΩ >500 MHz dla 50 Ω
Dolna częstotliwość dla sprzężenia AC (-3 dB)	<5 Hz
Ograniczniki pasma	400 MHz, 200 MHz, 20 MHz
Czas narastania	700 ps
Czułość	1 mV/dz...1 V/dz (50 Ω) 1 mV/dz...10 V/dz (1 MΩ)
Maksymalne napięcie wejściowe	5 V <sub>RMS</sub> , max 30 V <sub>p</sub> (50 Ω) 150 V <sub>RMS</sub> , max 200 V <sub>p</sub> (50 Ω)
Separacja kanałów	>50 dB (f<500 MHz)
Zakres podstawy czasu	1 ns/dz...50 s/dz
Dokładność podstawy czasu	10 ppm
Częstotliwość próbkowania w czasie rzeczywistym	2,5 GSa/s (4 kanały) 5 GSa/s (2 kanały)
Częstotliwość próbkowania w czasie ekwiwalentnym	100 GSa/s
Długość rekordu	4 Mpróbki dla każdego kanału przy próbkowaniu 2,5 GSa/s. 8 Mpróbek dla każdego kanału przy próbkowaniu 5 GSa/s.
Tryby decymacji	Sample, peek detect, high resolution.
Tryby wyświetlania przebiegów	OFF, evenlope, smooth, average.
Szybkość wyświetlania przebiegów	>10000 przebiegów/s
Tryby wyzwalania	Auto, normal, single, n single.
Typy wyzwalania	Edge, width, video, pattern, serial bus.
Pomiary automatyczne	Mean, mean cycle, RMS, RMS cycle, amplitude, top level, base level, peak-to-peak, max. peak, min. peak, period, frequency, positive pulse count, negative pulse count, rising edge count, falling edge count, positive pulse width, negative pulse width, positive duty cycle, negative duty cycle, rise time, fall time, standard deviation.
Pomiary kursorowe	Voltage, time, ratio x, ratio y, pulse count, peak values, RMS, mean, rise time, vertical marker.
Obliczenia matematyczne	Addition, subtraction, multiplication, division, maximum, minimum, square, square root, absolute value, positive wave, negative wave, reciprocal, inverse, log10, ln, derivation, integration, low-pass filter, highpass filter.
Typy oscylogramów	Yt, XY, XYZ, zoom, FFT
Interpolacja	sin(x)/x
Persystencja	50 ms...9,6 s; nieskończona
Liczba markerów	do 16
Liczba przebiegów referencyjnych	Do 4
Wyświetlacz	8,4" LCD TFT kolorowy
Matryca	1024×768 pikseli (XGA)
Zasilanie AC	100...240 VAC 50 Hz lub 60 Hz <120 VA
Pobór mocy	<100 W
Wymiary	403 mm×189 mm×142 mm
Ciężar	4,9 kg

regulacji intensywności świecenia ekranu. A jak już jesteśmy przy ekranie, to trzeba podkreślić, że jest to kolejny element zasługujący na pochwałę. W oscyloskopach RTM zastosowano kolorowy wyświetlacz XGA (1024×78) TFT o przekątnej 8,4". Rozdzielczość gwarantuje bardzo dobrą czytelność nawet najdrobniejszych elementów wyświetlanych na ekranie. Ale cecha ta w pewnym sensie może być też wadą, gdyż z całą surowością obnaża niedoskonałość oscyloskopu, jaką są szумы własne kanału pomiarowego. Wieloletnie doświadczenia firmy Rohde&Schwarz w zakresie szerokopasmowych pomiarów zaowocowały jednak opracowaniem bardzo dobrych wzmacniaczy wejściowych, zapewniających niskie szумы własne. Oscyloskop RTM 1054 pracuje przy tym w całym deklarowanym paśmie, nawet przy czułości 1 mV/dz i separacji kanałów większej niż 50 dB. Swego rodzaju ciekawostką jest fakt, że do kompensacji sond pasywnych może być wykorzystany przebieg kalibracyjny o częstotliwości 1 kHz (standardowej) lub 1 MHz. Sondy takie znajdują się na wyposażeniu oscyloskopu, ale w razie konieczności można również dokupić firmowe sondy aktywne. Są one niezbędne wtedy, gdy wymagane jest minimalne obciążenie układu badanego przez oscyloskop.

## Witamy w klubie

Może trochę dziwić, że tak renomowaną firmę, jaką jest Rohde&Schwarz należy traktować jak nowicjusza w zakresie pomiarów oscyloskopowych. Własną produkcję tego typu przyrządów rozpoczęto niedawno, bo dopiero w roku 2010. Oznacza to, że zarząd Rohde&Schwarz'a postawił sobie ambitny cel dołączenia do listy największych firm rządzących branżą. Tworzą ją obecnie: Tektronix, Agilent, LeCroy i Yokogawa. Związki R&S z oscyloskopami sięgają *de facto* roku 2005, kiedy to grupa Rohde&Schwarz wykupiła doświadczonego w produkcji oscyloskopów Hamega. Przyjęto, że marka ta (Hameg Instruments A Rohde&Schwarz Company) zostanie zachowana, i będą nią firmowane oscyloskopy o paśmie niższym niż 500 MHz. „Silniejsze” modele (obecnie są to oscyloskopy RTO i RTM) będą ukazywały się wyłącznie z logo Rohde&Schwarz. Witamy zatem w klubie i oczekujemy chwili, kiedy to wymieniona wcześniej konkurencja dołączy do statystyk porównawczych, prezentowanych często na różnych konferencjach i seminariach, osiągnięcia Rohde&Schwarz'a.

**Jarosław Doliński, EP**