

# Oscyloskop Rigol DS4054

## Wersja demonstracyjna

*Rigol należy do wiodących producentów sprzętu pomiarowego klasy średniej, dobrze znanego polskim użytkownikom. Zapewniając umiarkowane ceny swoich wyrobów udaje mu się utrzymać ich relatywnie wysoką jakość. Utrzymanie obecności na rynku wiąże się z permanentnym zapewnianiem potrzeb użytkowników i szybkim reagowaniem na zmieniające się trendy. Ale jak mawiają mądrzy ludzie: należy spieszyć się powoli.*

Istnieją takie grupy urządzeń technicznych, których produkcja została dobrze opanowana zaledwie przez kilka firm na świecie. Dobrym tego przykładem są: oscyloskopy, analizatory widma, analizatory stanów logicznych, analizatory pól elektromagnetycznych itp. Dlaczego „reszta świata” pogodziła się z takim stanem rzeczy i nawet nie podejmuje prób złamania monopolu? Czy barierą są unikatowe, dobrze strzeżone technologie? Może kryje się za tym konieczność ponoszenia olbrzymich nakładów finansowych związanych z kosztownymi badaniami? Ale przecież wiedza nie jest dobrem samym dla siebie, staje się użyteczna wtedy, gdy zostanie jak najszerszej rozpropagowana. W wyniku ciągłego i bardzo dynamicznego postępu pewne tajemnice technologiczne zostają jednak odkrywane i udostępniane. Korzystają z tego mniejsi wytwórcy i... oczywiście użytkownicy.

Pewien problem jest z kwalifikacją firmy Rigol, którą trudno zaliczyć do największych i rozdających karty w technice pomiarowej, ale na pewno też nie jest tylko kopcuszkim

zbierającym okruchy ze stołu. Rigol jest znany na polskim rynku jako producent doskonałych w swej klasie oscyloskopów klasy średniej, a model DS1052E stanowi niewyobrażalny wręcz i trudny do wytłumaczenia sukces rynkowy, przynajmniej w Polsce. Ambicje Rigola sięgają jednak znacznie szerzej. Firma ta nie ogranicza się jedynie do produkcji najprostszyc oscyloskopów, systematycznie powiększa swoją ofertę o modele z wyższych półek, a także dba o szeroki profil produkcyjny obejmujący także inne rodzaje przyrządów. Są to: generatory arbitralne, zasilacze laboratoryjne, analizatory widma. Utrzymanie statusu wymaga jednak dynamicznych działań, bo postęp jest przerażająco szybki.

### DS4054 – 4 GSa/s, 500 MHz

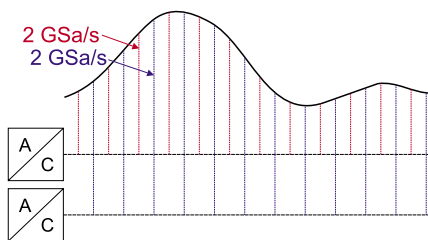
Oscyloskop DS4054 jest pierwszym modelem Rigola wyższej klasy, który trafił do testu redakcji Elektroniki Praktycznej. Od razu poprzeczka została ustawiona wysoko, bo jest to oscyloskop o najwyższych parametrach w ro-

#### Dodatkowe informacje:

NDN, 02-784 Warszawa, ul. Janowskiego 15,  
tel./faks: 22-641-15-47, tel.: 22-641-61-96,  
e-mail: ndn@ndn.com.pl, [www.ndn.com.pl](http://www.ndn.com.pl)

dzinie DS4000, ale Rigol ma w swojej ofercie jeszcze jedną, wyższą rodzinę DS6000. Testowany był model demonstracyjny DS4054. Należy więc domniemywać, że pewne występujące w nim mankamenty zostaną usunięte w wersjach handlowych.

DS4054 to oscyloskop o częstotliwości próbkowania równej 4 GSa/s przy tzw. pracy jednokanałowej i 2 GSa/s przy pracy dwukanałowej. Takiej terminologii używa Rigol, ale użytkownik DS4054 ma przecież do dyspozycji 4 kanały. Czy gdzieś jest więc ukryta jakaś tajemnica? Chodzi o to, że w oscyloskopie zastosowano dwa przetworniki analogowo-cyfrowe pracujące w przeciwfazach z szybkością 2 GSa/s. W uproszczeniu można powiedzieć, że jak jeden próbkuje, to drugi w tym czasie udostępnia swoje wyniki, potem następuje zmiana. W efekcie, w jednym cyklu próbkowania uzyskuje się podwójną liczbę próbek, co objawia się jako efektywne podwojenie częstotliwości próbkowania (**rysunek 1**). Jest to metoda powszechnie stosowana także przez innych producentów. Dołączając multiplekser analogowy do przetwornika A/C staje się możliwa obsługa 2 kanałów przez jeden przetwornik. Zyskuje się wtedy większą liczbę kanałów, ale płaci za



**Rysunek 1. Zwiększenie wydajności przetwarzania przez zastosowanie dwóch przetworników A/C**

to ograniczeniem efektywnej szybkości próbkowania. W oscyloskopie DS4054 mamy 4 kanały, więc zastosowano w nim dwie takie pary przetworników. Jest to o tyle istotne spostrzeżenie, że znaczenia nabiera umiejętność korzystania z kanałów pomiarowych. W konkretnym przypadku kanały CH1 i CH2 przydzielono do jednego przetwornika, natomiast CH3 i CH4 do drugiego. Jeśli zatem będziemy pracować tylko z dwoma kanałami i będą to CH1 oraz CH2 (lub CH3 i CH4), to częstotliwość próbkowania będzie co najwyżej równa 2 GSa/s – pamiętajmy, że zależy ona dodatkowo m.in. od podstawy czasu. Wybierając kanały np. CH1 i CH3 (lub CH1 i CH4 lub CH2 i CH3 lub CH2 i CH4) możliwa będzie praca z maksymalną częstotliwością próbkowania. Włączenie trzech kanałów, bez względu na ich kombinację, zawsze powodowało ograniczenie częstotliwości próbkowania do co najwyżej 2 GSa/s. Pasma analogowe oscyloskopu DS4054 jest równe 500 MHz i jest on sprzedawany z 500-megahercowymi sondami pasywnymi RP3500.

## Dbalność o przyzwyczajenia

Bardzo często kupując sprzęt danej marki, jaki by on nie był, czy jest to samochód, aparat fotograficzny czy oscyloskop, przywiązujemy się do tej marki na długie lata. Wyeksploatowane urządzenia wymieniamy na nowe z tym samym logo, podobnie postępujemy w przypadku powiększania zasobów sprzętowych. Czynnikiem tak licznym na zachowanie jednolitości obsługi, ewentualnego wykorzystywania tego samego oprogramowania i wszelkich sterowników. Wprowadzając wyższe modele oscyloskopów Rigol prawdopodobnie liczył na podobne zachowania jego wcześniejszych klientów. Zapewne

m.in. z tego wynika utrzymanie bardzo podobnego interfejsu użytkownika w rodzinach oscyloskopów DS1000 i DS4000. Nie jest on wprawdzie identyczny, ale różnice są usprawiedliwione nowymi rozwiązaniami potrzebnymi dla sprzętu nowszej generacji, nowymi cechami użytkowymi, czy wreszcie poprawieniu błędów z wcześniejszych modeli. Nieznaczne przemodelowanie panelu przedniego wynika na przykład z konieczności zmieszczenia elementów regulacyjnych dla 4 kanałów pomiarowych. Powoduje to na przykład wydzielenie sekcji *Horizontal* i umieszczenie jej nad sekcją *Menu*. Do tego można się przyzwyczaić, natomiast jaki cel przyświecał zamianie miejscami przycisków *50%* i *Force* w sekcji *Trigger*? Tego już łatwo wytłumaczyć się nie da, a bardzo przeszkadza to w obsłudze. Natomiast zbawienne okazało się wydzielenie przycisku *Mode*, który bez żmudnego przechodzenia przez menu ekranowe umożliwia szybką zmianę trybów wyzwalania: cyklicznie *Auto*->*Normal*->*Single*. Szkoda tylko, że po przejściu z trybu *Single* na *Auto* nie jest automatycznie wznowiane wyzwalanie i konieczne jest dodatkowe naciśnięcie przycisku *Run/Stop*.

Duży wyświetlacz zastosowany w oscyloskopie DS4054 niewątpliwie wprowadził zupełnie nową jakość. 9-calowy ekran TFT LCD z matrycą 800×480 (WVGA) pokazujący 160000 kolorów, umożliwia wyświetlanie menu bez tak znacznego zmniejszania powierzchni oscylogramów, jak miało to miejsce w modelach z mniejszymi wyświetlaczami. Pod wykresami znalazło się też miejsce na wyświetlanie 5 parametrów będących wynikami pomiarów automatycznych (rysunek 2). Ponadto, w oscyloskopie DS4054 wprowadzono bieżącą obróbkę statystyczną wyników włącznie z graficznym lub tabelarycznym podglądem ostatnich 10 pomiarów. Statystyka obejmuje wyświetlanie wartości bieżącej, średniej, minimalnej, maksymalnej (dla opcji *Extremum*) i bieżącej, średniej, dewiacji i licznika pomiarów (dla opcji *Difference*).

Nowym przyciskiem w bloku *Menu* jest *Record*, aktywujący funkcję automatycznej rejestracji przebiegów i ich analizę. W oscyloskopach DS1000 była ona ukryta w menu ekranowym *Utility*, do którego trzeba było przebiegać się przez kolejne poziomy. Teraz, jak widać, funkcja

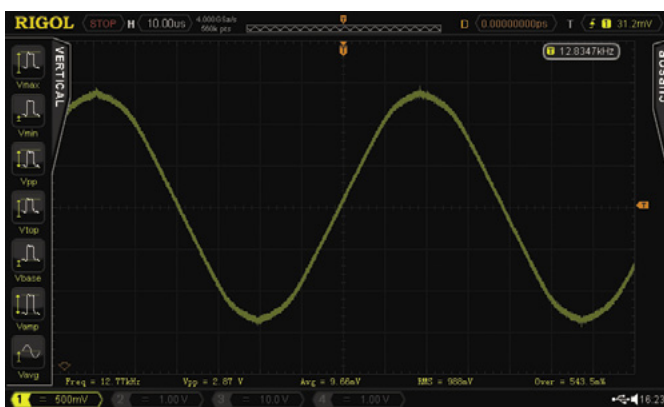


**Fotografia 3. Pokrętło nawigacji i przyciski rejestracji/odtworzenia**

jest uruchamiana tylko jednym naciśnięciem przycisku, ale jest on powiązany z całym zestawem elementów regulacyjnych, które przedstawiono na **fotografii 3**. Maksymalna liczba przechwytywanych ekranów, które są zapisywane w pamięci oscyloskopu jest zależna od długości rekordu danych. Dla długości wybranej opcją *Auto* jest to 200064, natomiast dla największego rekordu (140 Mpunktów) można zapisać najwyżej 2 ekrany. Interwały między kolejnymi rejestracjami są definiowane przez użytkownika w zakresie od 100 ns do 10 s. Przekręcenie zmiennej o 7 rzędów wielkości uniwersalnym pokrętłem wymagałoby anielskiej cierpliwości, na szczęście do pomocy dołączono jeszcze pokrętło nawigacyjne, które zapewnia odpowiedni progres przyrostu wielkości regulowanej. Przejście od nanosekund do pełnych sekund wymaga więc stosunkowo niewielu obrotów pokrętła nawigacyjnego.

## Nowe narzędzia, nowe opcje

Poprawa parametrów technicznych rodziny DS4000 w porównaniu z niższymi modelami DS1000 stała się także pretekstem do rozszerzenia funkcji użytkowych. Już przy pierwszym spojrzeniu na panel czołowy, rzuca się w oczy element regulacyjnych, którego nie było w niższej serii. Jest to pokrętło nawigacyjne wraz z przyciskami zapisu przebiegów. Funkcję reje-

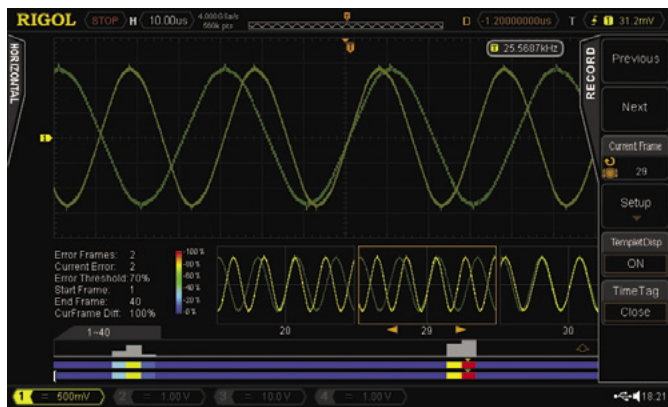


**Rysunek 2. Ulepszona obsługa pomiarów automatycznych**



**Rysunek 4. Ustalenie ramki wzorcowej do dalszej analizy**





Rysunek 5. Automatyczne wskazanie ramki różniącej się od wzorca

stracji wzbogacono o nową opcję analizy wyników, która jest wykorzystywana na przykład do wykrywania anomalii badanego sygnału. Analiza może być prowadzona dwoma metodami, każda bazuje na wcześniej przechwyconych przebiegach zapisanych w pamięci oscyloskopu. Pierwsza metoda *Trace*, porównuje kolejne ramki przebiegu z tą, którą przyjęto za wzorcową. Wzorcem może być dowolna ramka, wybrana z całej rejestracji (rysunek 4), albo pewien abstrakcyjny przebieg będący uśrednieniem wszystkich zapisanych ramek. Po uruchomieniu opcji *Start* analizy przebiegu, wszystkie ramki są porównywane ze wzorcem i dla każdej jest obliczany procentowy błąd różnicowy. Na ekranie zostaje wyświetlona pierwsza ramka, która nie odpowiada wzorcowi, a na pasku pod przebiegiem są pokazywane różnice poszczególnych ramek w porównaniu z wzorcem, do czego wykorzystano odpowiednie kodowanie kolorami (rysunek 5).

Drugi sposób analizy wykorzystuje dobrze znany użytkownikom oscyloskopów cyfrowych test *Pass/Fail*. Po zarejestrowaniu przebiegu, ale przed rozpoczęciem analizy musi być wyznaczona maska tolerancji. Teraz naciśnięcie przycisku *Start*, podobnie jak w pierwszym przypadku, spowoduje wyświetlenie ramki, na której przebieg wykracza poza maskę błędu (rysunek 6).

Rejestracja jest rozpoczynana po wybraniu sekwencji *Record->Operate*. W menu *Record* są umieszczone opcje dla ustawienia parametrów,



Rysunek 6. Badanie różnic pomiędzy zapisanymi ramkami metodą testu *Pass/Fail*

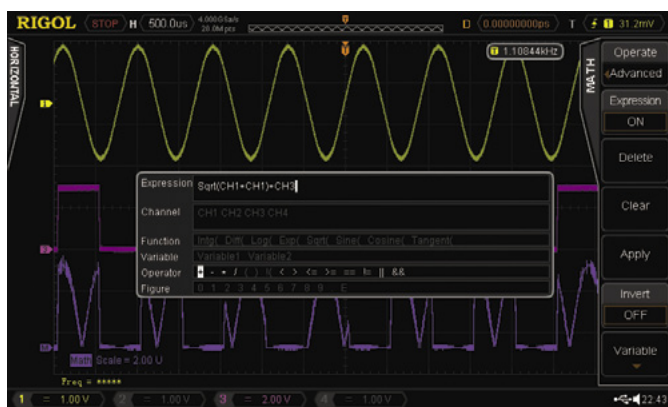
takich jak: liczba ramek, interwał między zapisami. Rejestracja i odtwarzanie mogą być też inicjowane bezpośrednio przyciskami znajdującymi się pod pokrętkiem nawigacyjnym.

W oscyloskopach DS4000 wzbogacono funkcje matematyczne. Dodano przydatne działania logiczne na przebiegach oraz zaawansowane obliczenia matematyczne obejmujące: całkowanie, różniczkowanie, logarytmowanie, funkcję eksponencjalną, pierwiastkowanie, sinus, cosinus, tangens. Wprowadzono możliwość umieszczania relacji logicznych oraz zmiennych użytkownika w wyrażeniach matematycznych (rysunek 7). Pozostała oczywiście analiza FFT (rysunek 8), ale nie może być ona używana jako argument wyrażenia. Szkoda też, że wyniki wyrażenia nie mogą być przechowywane w zmiennych w celu użycia ich w kolejnych wyrażeniach (brak możliwości zagnieżdżenia wyrażenia). Rozwiązania takie są spotykane w sprzęcie innych producentów. Pewne zastrzeżenia można też mieć do samego edytora równań. Nie ma na przykład możliwości wprowadzenia poprawki na początku równania, trzeba wykasować wszystko od końca do miejsca błędu, i wprowadzić wszystko ponownie. Nie mniej, zaimplementowanie złożonych równań matematycznych w oscyloskopach DS4000 jest odpowiedzią Rigola na taki trend, który obserwujemy też u innych producentów.

W oscyloskopach klasy DS4000 nie mogło zabraknąć analizatora protokołów. Współczesny sprzęt elektroniczny jest naszpikowany wszel-

kiego rodzaju interfejsami komunikacyjnymi wykorzystywanymi nie tylko do łączności między urządzeniami, ale też pomiędzy poszczególnymi modułami jednego urządzenia. Z tego względu inżynierowie w swojej codziennej pracy mają z nimi do czynienia na każdym kroku. Stosowane w poszczególnych interfejsach protokoły mają różny stopień skomplikowania, ale nawet dla tych najprostszych możliwość ustawienia wyzwolenia na określone zdarzenie może zaoszczędzić sporo czasu konstruktorowi czy serwisantowi. Oscyloskopy rodziny DS4000 umożliwiają jednocześnie śledzenie komunikacji na dwóch magistralach, niestety obsługa poszczególnych protokołów wymaga wykupienia stosownych opcji. Standardowo jest dostępna tylko magistrala równoległa.

Analizator protokołów umożliwia automatyczne dekodowanie stanu występującego na liniach danego interfejsu komunikacyjnego (rysunek 9). Możliwe jest też ustawianie wyzwolenia na określone zdarzenie, np. wykrycie bitu startu ramki transmisyjnej, albo odebranie danej o określonej wartości. Analizator protokołu dostępny w oscyloskopie DS4054 działa jednak zdecydowanie za wolno, co znacząco utrudnia obserwację przebiegów w czasie rzeczywistym. Natomiast wstrzymanie wyzwalania i analiza przebiegu zapisanego w buforze daje pewność interpretacji danych, ale należy to traktować jedynie jako półrodek. Oprócz przebiegów czasowych dane są prezentowane także w postaci tabelarycznej.



Rysunek 7. Edytor równań matematycznych



Rysunek 8. Analiza FFT



Rysunek 9. Analizator protokołów



Rysunek 10. Zaawansowane tryby wyzwalania oscyloskopu DS4054

Tabela 1. Najważniejsze dane techniczne oscyloskopu DS4054

Częstotliwość próbkowania w czasie rzeczywistym	4 GSa/s (single-channel) 2 GSa/s (dual-channel)
Rekord	single-channel: Auto, 14 kp, 140 kp, 1,4 Mp, 14 Mp, 140 Mp, dual-channel: Auto, 7 kp, 70 kp, 700 kp, 7 Mp, 70 Mp
Liczba kanałów pomiarowych	4
Impedancja wejść	1 MΩ ±1%, 14 pF ±3 pF
Pasmo analogowe	500 MHz
Zakres podstawy czasu	1 ns/dz...50 s/dz
Dokładność podstawy czasu	<= ±4 ppm
Tryby pracy	Y-T, X-Y, Roll, Delayed Sweep
Szybkość przechwytywania przebiegów	110000 ramek/s (w trybie dots)
Rozdzielczość pionowa	8 bitów
Zakres skali pionowej	1 mV/dz...5 V/dz
Ogranicznik pasma	20 MHz/100 MHz/200 MHz
Najniższa częstotliwość ze sprzężeniem AC	≤ 5 Hz
Czas narastania	700 ps
Tryby wyzwalania	Auto, Normal, Single
Zakres regulacji czasu Holdoff	100 ns...10 s
Tryby wyzwalania	Edge, Pulse, Slope, Runt, Nth Edge, Video, Pattern, RS232/UART, I <sup>2</sup> C, SPI, CAN, USB
Pomiary automatyczne	Maximum, Minimum, Peak-Peak Value, Top Value, Bottom Value, Amplitude, Average, Mean Square Root, Overshoot, Pre-shoot, Frequency, Period, Rise Time, Fall Time, Positive Pulse Width, Negative Pulse Width, Positive Duty Cycle, Negative Duty Cycle, Delay A->B/, Delay A->B\, Phase A->B/, Phase A->B\
Licznik częstotliwości	Sprzętowy, 6 cyfr, wybór kanału mierzonego
Operacje matematyczne	A+B, A-B, A×B, A/B, FFT, Advanced (Intg, Diff, Log, Exp, Sqrt, Sine, Cosine, Tangent), Logic (AND, OR, NOT, XOR)
Wyświetlacz	9" TFT LCD 800×600
Standardowe porty	USB HOST, USB DEVICE, LAN, VGA, 10 MHz Input/Output, Aux Output (TrigOut, Fast, PassFail, GND)
Zasilanie	100...127 V, 45...440 Hz 100...240 V, 45...60 Hz
Pobór mocy	Max 120 W
Wymiary	440×218×130 mm
Masa	4,8 kg ±0,2 kg

Znaczne zmiany pojawiły się w opcjach wyzwalania. Dodano szereg nowych trybów, bardzo przydatnych w praktyce. Większość z nich jest związanych z analizą protokołów komunikacyjnych. Doszły więc opcje: Pattern, RS232, I<sup>2</sup>C, SPI, CAN, FlexRay i USB. Ponadto dodano opcję Runt i Nth Edge stosowane do wychwytywania różnych anomalii badanych sygnałów (rysunek 10).

### Słyszalna częstotliwość próbkowania

4 GSa/s to niemała częstotliwość próbkowania. Aby zagwarantować taki parametr, konieczne jest stosowanie odpowiednio szybkich układów cyfrowych, a te niestety, mają duży

apetyt na energię. Skutkiem nieubłaganych praw fizyki jest konieczność stosowania wymuszonego chłodzenia elektroniki oscyloskopu i tu pojawia się problem. Problem, z którym, zdaje się, Rigol generalnie sobie nie radzi, gdyż zaczyna on występować w wielu urządzeniach, nie tylko w oscyloskopach. Najprostszym zabezpieczeniem elementów przed przegrzaniem jest zastosowanie wydajnego wentylatora, który owszem – zapewni odpowiednią temperaturę, ale też skutecznie uprzykrzy życie użytkownikowi natrętnym, irytującym szumem. Taki wariant wybrali konstruktorzy oscyloskopu DS4054. A przecież elektronika nie pracuje przez cały czas na najwyższych „obrotach” i przy niskich podstawach czasu można by było zmniejszyć

obroty wentylatora. Mógłby to robić odpowiedni sterownik kontrolujący temperaturę krytycznych podzespołów, ale tak niestety nie jest, więc użytkownicy są zmuszeni słuchać szumu o dość wysokim poziomie przez cały czas pracy oscyloskopu.

### Refleksje

Oscyloskopy rodziny DS4000 musiały pojawić się w ofercie Rigola, wymagał tego prestiż firmy i dążenie do utrzymania się w grupie liczących się producentów. Zapotrzebowanie na przyrządy tej klasy nie maleje, użytkownicy z zainteresowaniem więc przyjęli ofertę nieco tańszych urządzeń jednak od firmy, która cieszy się już uznaniem.

Na podstawie testów oscyloskopu DS4054 można stwierdzić, że założenia dotyczące wymagań technicznych zostały zrealizowane. Cieszy też fakt rozszerzenia funkcji oprogramowania firmowego (wyrażenia matematyczne, analiza protokołów, wygodna realizacja pomiarów automatycznych), przydatne podczas dokładnej analizy przebiegów jest pokrętło nawigacyjne, chociaż pomysł nie jest autorski. Nareszcie mamy duży ekran o wysokiej rozdzielczości, który zapewni nieporównanie większy komfort pracy, niż małe ekraniki oscyloskopów DS1000. Przyrząd został wyposażony w interfejsy USB (gniazda Host i Device) i Ethernet. Jest też gniazdo do podłączenia zewnętrznego monitora.

Są jednak też pewne zastrzeżenia. Oprogramowanie zawiera szereg drobnych, ale utrudniających życie błędów. Być może zostaną one usunięte w kolejnych wersjach. Zachodzi również podejrzenie, że procesor obsługujący oscyloskop nie radzi sobie z realizacją wszystkich zadań, po prostu jest za wolny. Może ma to też związek z rozwiązaniami układowymi. Wersja hardware'u w testowanym modelu miała oznaczenie 1.1, natomiast software był opisany jako 00.00.03SP1. Zestawienie najważniejszych parametrów oscyloskopu DS4054 umieszczono w tabeli 1.

Jarosław Doliński, EP