



# Generator arbitralny DG5102

## 100 MHz, 2 kanały, 1 GSa/s, 14-bitowa rozdzielczość

*Technika cyfrowa nie ominęła tak „analogowej” dziedziny, jaką jest generowanie przebiegów elektrycznych. Można powiedzieć, że wiekopomne dzieła panów: Wiena, Colpittsa, Clappa, Hartleya czy Meissnera powoli odchodzą w zapomnienie. Nawet popularne w latach 80. generatory funkcyjne, stanowiące połączenie techniki cyfrowej z analogową, coraz rzadziej spotykamy w ofertach dystrybutorów elektronicznego sprzętu pomiarowego.*

Sprawcą rewolucji jest generator arbitralny, pozwalający w odróżnieniu od generatora funkcyjnego wygenerować niemal dowolny przebieg, jaki tylko można sobie wyobrazić. Jego konstrukcja jest znana od wielu lat, ale właściwie dopiero teraz obserwujemy lawinowy wzrost zainteresowania tego rodzaju przyrządami. *Boom* na generatory arbitralne obserwujemy nawet, kupując... oscyloskopy, w których spotykamy je jako dodatkowe, wbudowane już standardowo rozszerzenie funkcji. Samodzielne urządzenia odznaczają się zwykle dużo lepszymi parametrami, można więc przypuszczać, że zainteresowanie generatorami *standalone* szybko nie zmaleje.

Rigol to dobrze znany w Polsce chiński producent przyrządów pomiarowych dla elektroników. Cenimy go przede wszystkim za bardzo dobre w swojej klasie oscyloskopy cyfrowe. Można u nas również nabyć generatory funkcyjne tej firmy. Jednym z najnowszych produktów Rigola jest seria cyfrowych generatorów arbitralnych serii DG5000, wśród których można znaleźć modele o częstotliwości maksymalnej: 350, 250 i 100 MHz. Na uwagę zasługuje bardzo wysoka częstotliwość próbkowania 1 GSa/s, która stawia te przyrządy na równi z wyrobami nawet największych producentów światowych. Surowym testom w redakcyjnym laboratorium został pod-

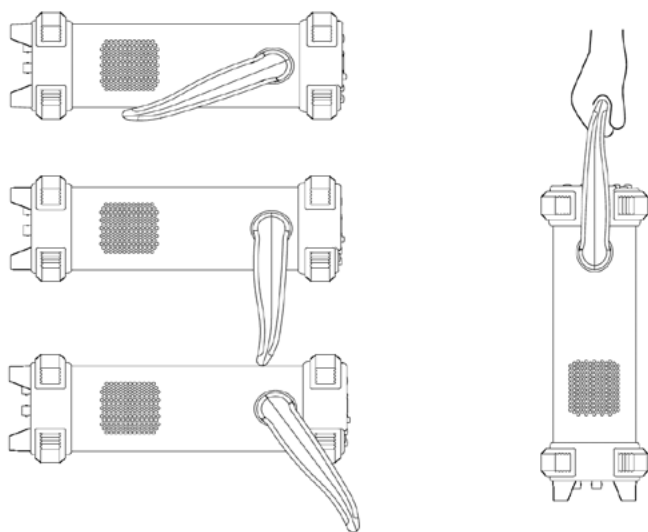
### Dodatkowe informacje:

NDN, 02-784 Warszawa, ul. Janowskiego 15,  
tel./fax: 22-641-15-47, [www.ndn.com.pl](http://www.ndn.com.pl)

dany generator DG5102 o maksymalnej częstotliwości sygnału wyjściowego równej 100 MHz. Przebiegi wyjściowe są generowane z zastosowaniem techniki DDS (Direct Digital Synthesis), a więc podwójnej syntezy cyfrowej. Próbkę sygnału są poddawane interpolacji liniowej, interpolacji gładką krzywą, mogą też być wykorzystywane bezpośrednio – bez interpolacji.

### Pierwsze wrażenia

Przy pierwszym kontakcie użytkownika z generatorem DG5102 uwagę zwracają niemałe wymiary obudowy (230 mm×106 mm×501 mm). Szczególnie jej głębokość sprawia dość dużo kłopotu z wygodnym ustawieniem przyrządu na stole. Przewidziano wprawdzie możliwość pracy przyrządu w pozycji pionowej, co można wnioskować po nóżkach umieszczonych na tylnej ścianie, ale nie jest to rozwiązanie do przyjęcia w większości przypadków. Poza tym firmowa



**Rysunek 1.** Możliwości ustawienia generatora na stanowisku pomiarowym

wtyczka przewodu zasilającego wkładana do gniazda generatora ma nieco większy wymiar niż wysokość nóżek, co sprawia, że obudowa ustawiona w pozycji pionowej nie zachowuje stabilności. Pewnym udogodnieniem może być rączka umieszczona przy ścianie przedniej, która jak w większości podobnych przyrządów pomiarowych może być odkręcana do pozycji, w której pełni funkcję dodatkowego podnóżka (**rysunek 1**). Dzięki temu uniesiony nieco do góry panel przedni jest lepiej czytelny, a dostęp do znajdujących się na nim elementów regula-

cyjnych staje się wygodniejszy. Kolejnego, niestety również niezbyt korzystnego wrażenia, dostarcza bardzo głośno pracujący wentylator. Można zadać sobie pytanie, czy musi on obracać się na najwyższych obrotach przez cały czas pracy generatora? Wszak konstrukcje odpowiednich sterowników są tworzone nawet przez domorosłych elektroników. Poprawa humoru następuje wkrótce po rozpoczęciu pierwszych prób praktycz-

nych. Jak można się było po cichu spodziewać, generator DG5102, jako wyrób Rigola, spełnia pokładane w nim nadzieje. Wrażenie robią wymienione pod tytułem parametry, takie jak: częstotliwość próbkowania równa 1 GSa/s, 14-bitowa rozdzielczość, jednoczesna dostępność sygnałów w 2 niezależnych kanałach. Równie imponująca jest długość rekordu, wynosząca aż 128 M próbek. Częstotliwość maksymalna generatora DG5102 jest równa 100 MHz i wydaje się ona za mała tylko poprzez świadomość faktu, że są dostępne jeszcze modele z częstotliwościami

250 i 350 MHz. Pomyśleć, że kiedyś zadowolenie i zachwyty wzbudzały generatory 20-megahercowe. Należy jednak pamiętać, że nie każdy rodzaj sygnału może być wygenerowany z częstotliwością maksymalną. Przykładowo, parametr ten dla przebiegu piłokształtnego jest równy 3 MHz, a dla przebiegu prostokątnego 50 MHz. Takim samym ograniczeniu (50 MHz) podlegają przebiegi arbitralne. Minimalna częstotliwość generowanych przebiegów jest natomiast w każdym przypadku równa 1  $\mu$ Hz.

Ciekawość użytkowników wzbudzą zapewne zniekształcenia przebiegu, bądź co bądź mamy do czynienia z przyrządem cyfrowym. Jak podaje producent, całkowita zawartość harmonicznych w paśmie akustycznym (20...20000 Hz) jest mniejsza niż 0,5%, a w całym dostępnym paśmie zawartość harmonicznych nie przekracza -45 dBc.

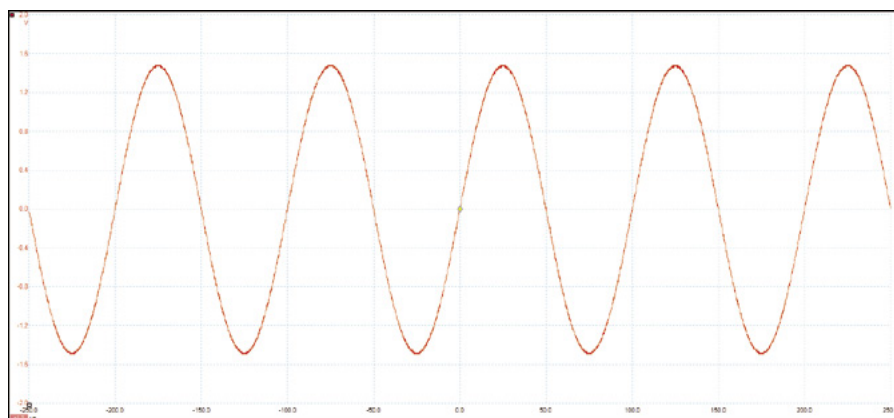
### Obsługa generatora

Przyrząd dysponuje bardzo wygodnym interfejsem użytkownika, w skład którego wchodzi czytelny wyświetlacz TFT LCD o przekątnej 4,3 cala i matrycy 480×272 punkty, przyciski wyboru opcji wybieranych z wyświetlanego menu umieszczone pod wyświetlaczem, przyciski wyboru funkcji i trybów pracy generatora oraz klawiatura numeryczna, za pomocą której można precyzyjnie i szybko wprowadzać parametry przebiegu wyjściowego. Dodatkowym elementem regulacyjnym, przypominającym gałki dawnych przyrządów analogowych, jest specjalne pokrętko znajdujące się w prawym rogu panelu czołowego. Można nim szybko i wygodnie przestrajać generator, zachowując wrażenie strojenia płynnego. Przebiegi wyjściowe są dostępne na dwóch gniazdach BNC znajdujących się na płycie czołowej.

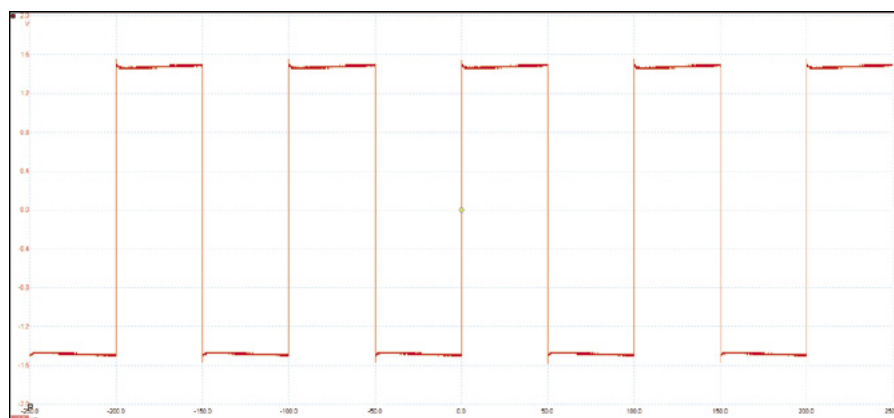
Generator DG5102 dysponuje kilkoma predefiniowanymi przebiegami wybieranymi szybko za pomocą przycisków. Są to sygnały: sinusoidalny (**rysunek 2**), prostokątny (**rysunek 3**), piłokształtny (**rysunek 4**), impulsowy, szum i przebieg arbitralny. Do większości z nich może być dodatkowo zastosowana modulacja, przemiatanie częstotliwości (*Sweep*) i generowanie paczek wybranego przebiegu (*Burst*) (**rysunek 5**), które dodatkowo mogą być bramkowane sygnałem zewnętrznym. Każdy przebieg ma regulowaną częstotliwość, amplitudę, przesunięcie poziomu (*offset*) i fazę. Ostatni z tych parametrów może mieć znaczenie na przykład w przypadku jednoczesnego wykorzystywania obu wyjść generatora. Funkcja przemiatania może być wykorzystywana na przykład do wygodnego wyznaczania pasma badanych urządzeń.

### Najsilniejsze strony generatora DG5102

O zaletach generatora DG5102 w dużym stopniu decydują opcje modulacji. Jako sygnały modulowane i modulujące mogą być wykorzystane wszystkie dostępne przebiegi niemal



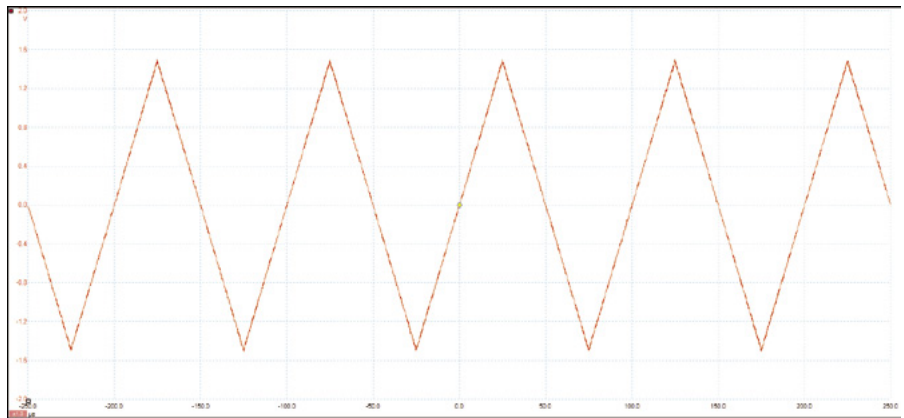
**Rysunek 2.** Przebieg sinusoidalny



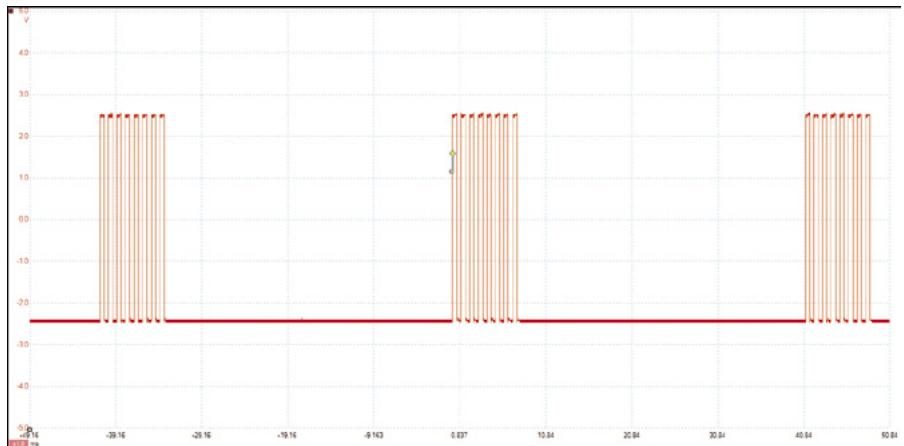
**Rysunek 3.** Przebieg prostokątny

w każdej kombinacji. Na **rysunku 6a** przedstawiono przykład przebiegu sinusoidalnego zmodulowanego amplitudowo przebiegiem prostokątnym, a na rysunku 6b przebieg trójkątny został zmodulowany sinusoidalnym. Do modulacji może być także wykorzystywany przebieg zewnętrzny doprowadzony do specjalnego wejścia. Dostępne rodzaje modulacji zadowolą nawet najbardziej wybrednych użytkowników. Oprócz typowych modulacji, takich jak: amplitudowa (AM), częstotliwościowa (FM), fazy (PM), mamy również wszelkie odmiany kluczowania: ASK – kluczowanie amplitudy (**rysunek 7a**), FSK – kluczowanie częstotliwości (rysunek 7b), PSK – kluczowanie fazy (rysunek 7c) oraz modulację szerokości impulsu PWM. W ostatnim przypadku jako przebieg modułowany musi być z zasady działania wykorzystywany wyłącznie przebieg impulsowy. Wszystkie parametry, takie jak częstotliwość i amplituda nośnej, głębokość modulacji, dewiacja częstotliwości i fazy itp., są oczywiście regulowane z pulpitu operatora, pomagają w tym informacje wyświetlane na ekranie. W razie konieczności mogą być wykorzystywane zewnętrzne sygnały synchronizujące. Podobnie jest z ewentualną synchronizacją innych urządzeń współpracujących z generatorem, która jest realizowana w oparciu o wyjściowy sygnał synchronizujący. Parametry tego wyjścia, takie jak: polaryzacja, rezystancja, tłumienie, są ustawiane przez użytkownika. Przemiatanie może być prowadzone z liniowym lub logarytmicznym skokiem częstotliwości, regulowaną prędkością i kierunkiem przemiatania.

Możliwości generatora DG5102 nie kończą się na opisanych wyżej. Prawdziwą potęgę przyrządu poznamy dopiero po odmianach modulacji kwadraturowych (IQ), które z uwagi na bardzo efektywne wykorzystanie widma częstotliwości są powszechnie stosowane w urządzeniach z cyfrowymi formatami danych. Podstawowy schemat blokowy takiego modulatora przedstawiono na **rysunku 8**. W generatorze DG5102 dostępne są modulacje BPSK (Binary Phase-Shift Keying), QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying), OQPSK (Offset Quadrature Phase-Shift Keying) i QAM (Quadrature Amplitude Modulation), w tym 4QAM, 8QAM, 16QAM, 32QAM i 64QAM, a także 8PSK i 16PSK. Do testów z użyciem tych modulacji można wykorzystywać zaimplementowane cyfrowe sekwencje testowe stosowane często do badań urządzeń elektronicznych, takie jak: PN9, PN11, PN15 lub PN23. Sekwencje te są generowane w rejestrach przesuwających z odpowiednimi sprzężeniami. Na przykład rejestr generujący ciąg PN9 ma sprzężenie typu *exclusive-or* na wyjściach Q5 i Q9. Wynikająca z tego długość sekwencji jest równa 511 bitów. Możliwe jest ponadto definiowanie własnych 4-bitowych ciągów. Interfejs użytkownika udostępnia do tego celu specjalny edytor (**rysunek 9**). W pamięci przyrządu można zapisać do 2000 słów (4000 bajtów). Przepływność wirtualnego kanału cyfrowego zaimplementowanego w generatorze jest ustawiana



Rysunek 4. Przebieg piłokształtny



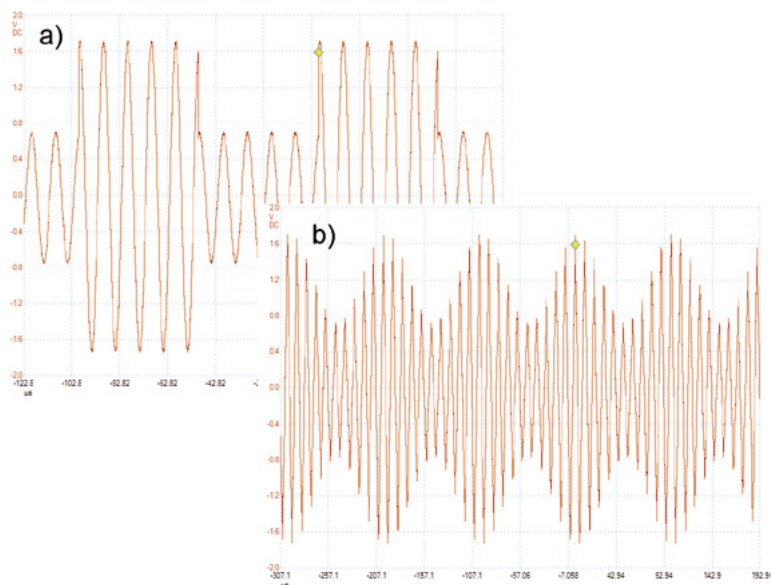
Rysunek 5. Przebieg typu Burst

w zakresie od 1 b/s do 1 Mb/s, przy czym domyślnie jest to 9600 b/s.

Każda z wymienionych modulacji IQ ma domyślnie przypisane mapowanie wielobitów, przedstawiane najczęściej graficznie jako konstelacja punktów reprezentujących zakończenia wektora nośnej zaczepionego w środku układu współrzędnych. Wektor ten zmienia położenie na płaszczyźnie w zależności od symbolu wejściowego (w ogólnym przypadku jest

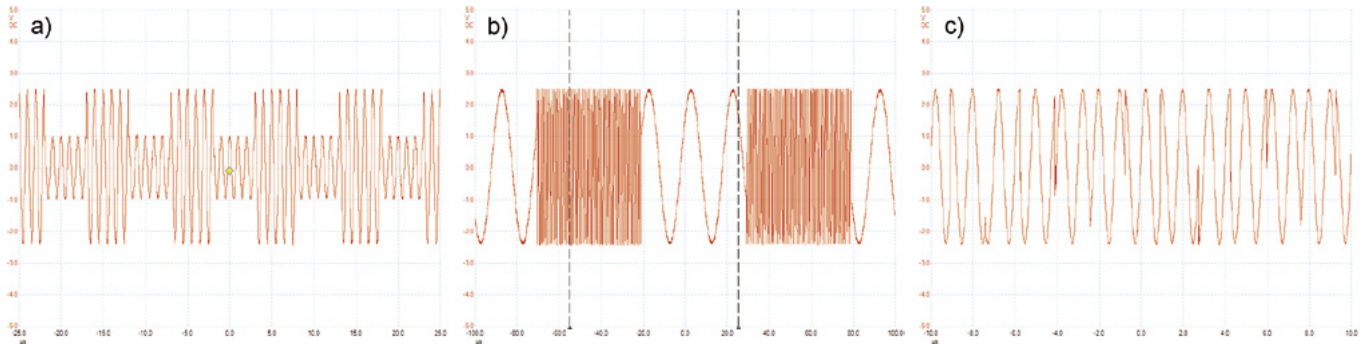
to wielobit). Konstelację domyślną użytkownik może dowolnie modyfikować za pomocą prostego edytora. Na **rysunku 10** przedstawiono przykład domyślnego mapowania dla modulacji 32QAM. Doskonale widać z niego, że QAM jest modulacją amplitudowo-fazową (zmienia się zarówno długość wektora, jak i jego położenie, czyli faza).

Kolejna, bardzo mocna cecha generatora DG5102, to możliwość pracy w trybie FH

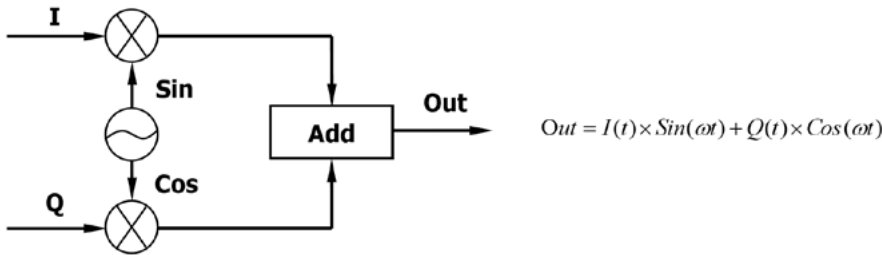


Rysunek 6. Przebieg zmodulowany: a) sinusoida zmodulowana prostokątem, b) „piła” zmodulowana sinusoidą





Rysunek 7. Przebieg z klucowaniem: a) ASK, b) FSK, c) PSK



Rysunek 8. Podstawowy schemat blokowy modulatora IQ

(z rozpraszaniem widma – Frequency Hopping). Generator wytwarza w nim krótkie sekwencje pseudolosowo dobieranych częstotliwości. Tryb FH wymaga jednak wcześniejszego zainstalowania odpowiedniej opcji.

Oprogramowanie generatora umożliwia wykorzystywanie 4 wbudowanych schematów zmian częstotliwości, które jednak mogą być modyfikowane przez użytkownika i zapisywane w pamięci nieulotnej. Może to być we-

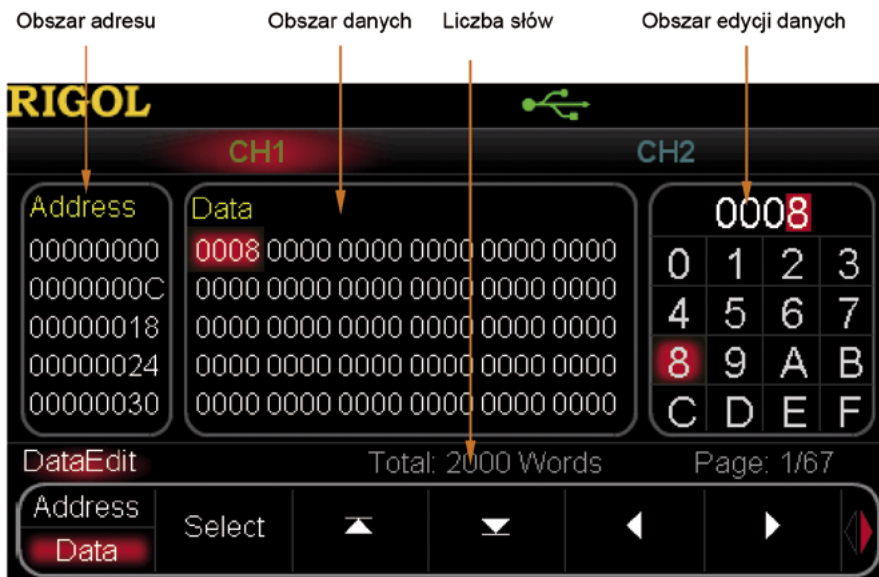
wewnętrzny dysk flashowy lub zewnętrzne nośniki typu pendrive.

### Generator i komputer

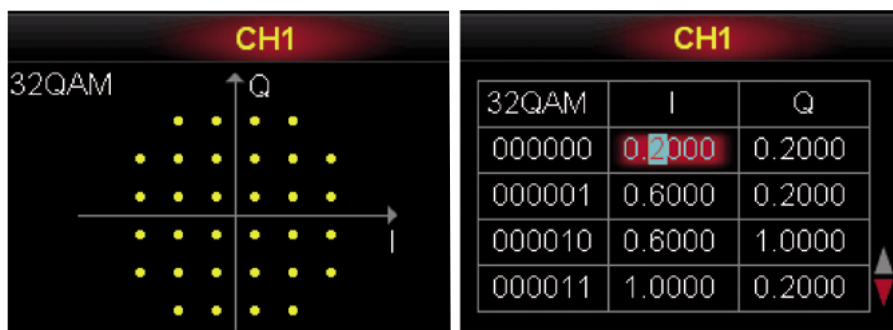
Przywykliśmy już do tego, że współczesny sprzęt pomiarowy zazwyczaj w jakimś stopniu współpracuje z komputerami. Tak jest także w przypadku generatora DG5102, a raczej powinno być. Niestety Chińczycy trochę lekceważą użytkowników nieposługujących się ich „obrazkami”, co sprawia, że wykorzystanie firmowego CDROM-u na komputerze bez zainstalowanego alfabetu chińskiego jest w bezpośredni sposób niemożliwe, nie ma możliwości rozpakowania plików archiwalnych. Wprawdzie udało się to zrobić po skopiowaniu płytki na dysk komputera oraz ręcznej zmianie nazw plików i katalogów, ale zabieg ten nie wyeliminował wszystkich problemów. Oprogramowanie Rigola wymaga zainstalowania sterowników NI-VISA, które należy pobrać bezpośrednio ze strony National Instruments. Niestety, próba uruchomienia oprogramowania zainstalowanego na komputerze z 64-bitowym Windows 7 Home kończyła się wyświetleniem dawno niespotykanego niebieskiego ekranu. Dystrybutor sprzętu Rigola, firma NDN, będzie dołączać własne wersje płytek, które powinny dawać się wykorzystywać bez żadnych dodatkowych zabiegów, ale sprawa niebieskiego ekranu wydaje się jak na razie poza naszym zasięgiem. Miejmy nadzieję, że producent szybko wyjaśni tę kwestię. Software uruchamiany na komputerze jest o tyle istotny, że od niego zależy w dużym stopniu najważniejsza funkcjonalność generatora, jaką jest możliwość definiowania własnych przebiegów przez użytkownika. Czynność ta wykonywana bezpośrednio w edytorze generatora jest wprawdzie możliwe, ale bardzo pracochłonna.

Przymykając oko na te wady, generator DG5102 należy ocenić wysoko. Jak większość przyrządów Rigola stanowi on konkurencję cenową dla urządzeń największych producentów w tej klasie wyrobów. Nie oznacza to jednak bynajmniej, że na taki generator, nawet najsłabszy w rodzinie, będzie mógł sobie pozwolić indywidualny użytkownik.

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



Rysunek 9. Specjalny edytor do definiowania własnych 4-bitowych ciągów danych wejściowych



Rysunek 10. Domyślne mapowanie dla modulacji 32QAM