**Dodatkowe informacje:**

Oscyloskop do testów udostępniła redakcja firma NDN, 02-784 Warszawa, ul. Janowskiego 15, tel./fax: 022-641-15-47, tel.: 022-641-61-96, e-mail: ndn@ndn.com.pl, www.ndn.com.pl

Yokogawa DL850

16-kanalowy oscyloskop z 12-bitowymi przetwornikami

Podstawową niedoskonałością większości oscyloskopów cyfrowych, nawet wysokiej klasy, jest niska rozdzielczość (8 bitów) stosowanych w nich przetworników analogowo-cyfrowych. Słabość tę wypełniają specjalizowane oscyloskopy USB i karty pomiarowe (digitizery). Elektronicy przyzwyczajeni do rozwiązań klasycznych nie są jednak całkowicie pozbawieni podobnych przyrządów stacjonarnych, chociaż za swoje zachcianki muszą „trochę” zapłacić.

Technika japońska była niegdyś traktowana jako niedościgniony wzór. Cały świat dziwił się, jak to jest możliwe, by państwo praktycznie nie posiadające własnych surowców przemysłowych mogło produkować tyle wspaniałych urządzeń technicznych, wśród których elektronika zajmowała szczególną pozycję. Z biegiem lat poziom techniczny powoli wyrównywał się, rosło znaczenie Stanów Zjednoczonych, ostatnio obserwujemy gwałtowny progres Chin. Pozycja, jaką wiele firm

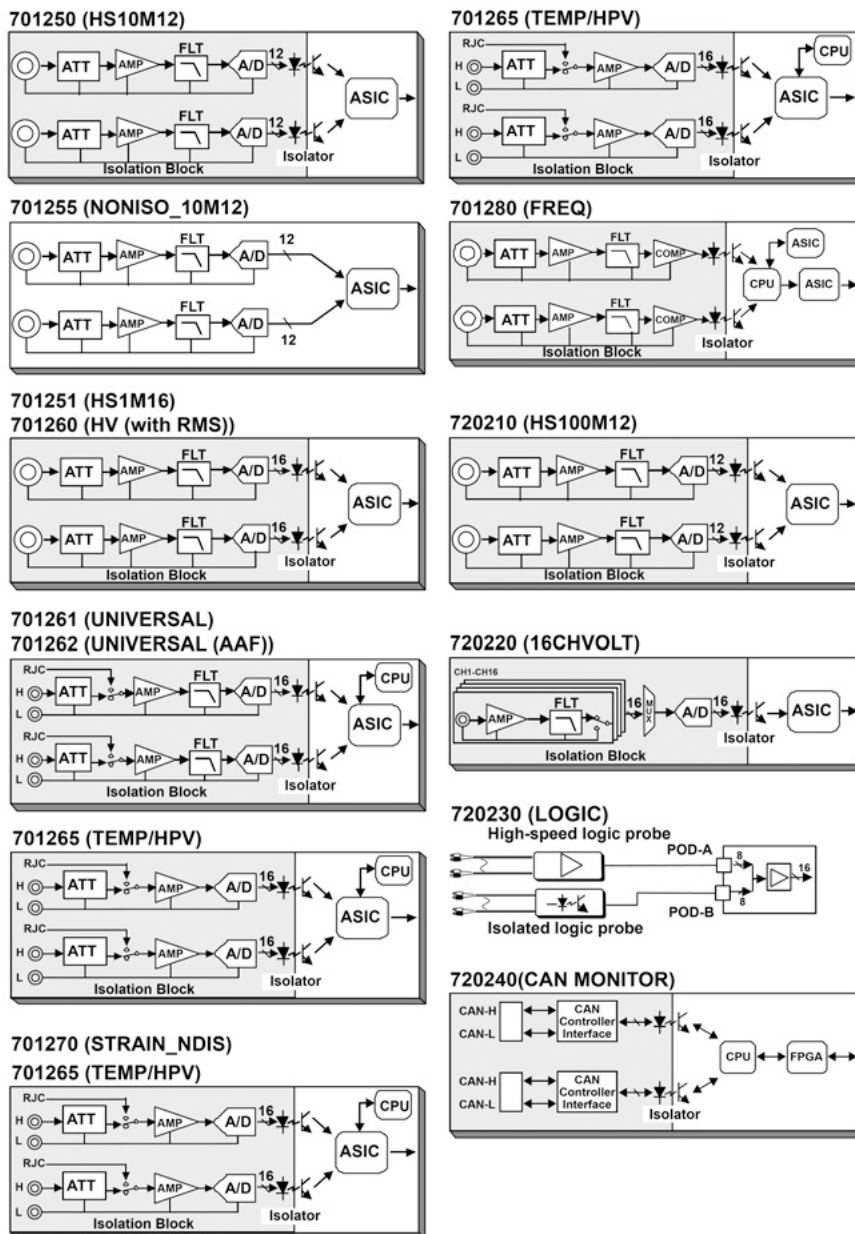
japońskich wyrobiło sobie w dawnych latach jest zaciekle broniona do dziś, mimo rosnącej konkurencji. Nie wynika to jedynie ze względów ekonomicznych. Na pewno dużą rolę odgrywa niezrozumiała często dla Europejczyków mentalność Japończyków. Początki istnienia firmy Yokogawa, której oscyloskop DL850 zostanie przedstawiony w artykule, sięgają roku... 1915, a więc czasów jeszcze sprzed Rewolucji Październikowej. Tak, tak, nie przeszkadza to, by w drugiej dekadzie XXI

wieku firma ta produkowała absolutnie topowe przyrządy metrologiczne.

I rata zapłaty

Tym, czym trzeba zapłacić za wysoką rozdzielczość przetwornika analogowo-cyfrowego jest przede wszystkim szybkość przetwarzania. Jest to prawda dość oczywista i nikt znający się na rzeczy nie będzie mlaskał z niesmakiem, gdy w zestawieniu danych technicznych oscyloskopu DL850, w rubryce częstotliwość próbkowania ujrzy parametry z mianem MSa/s a nawet kSa/s, nie zaś GSa/s. To właśnie wymiennosc tych parametrów (szybkości próbkowania i rozdzielczości przetwornika) pozwala budować oscyloskopy lub karty pomiarowe z precyzyjnymi wzmacniaczami wejściowymi i układami akwizycji danych.

Na czym więc polega ten wszechobecny trend do permanentnego przyspieszania



Rysunek 1. Schematy blokowe wkładek pomiarowych

układów próbkujących, skoro, jak się okazuje, całkiem niezłe można mierzyć przyrządami stosunkowo wolnymi? Wszystko zależy oczywiście od charakteru pomiarów. Faktycznie,

chyba w większości zastosowań uniwersalnych większe znaczenie będzie miała szybkość próbkowania niż rozdzielczość. Ale z drugiej strony zastanówmy się, po co w wielu urządzeniach

elektronicznych stosowane są przetworniki co najmniej 12-bitowe? Czy do ich badania nie lepszy będzie jednak oscyloskop z równie precyzyjnym układem pomiarowym?

Odmieniec

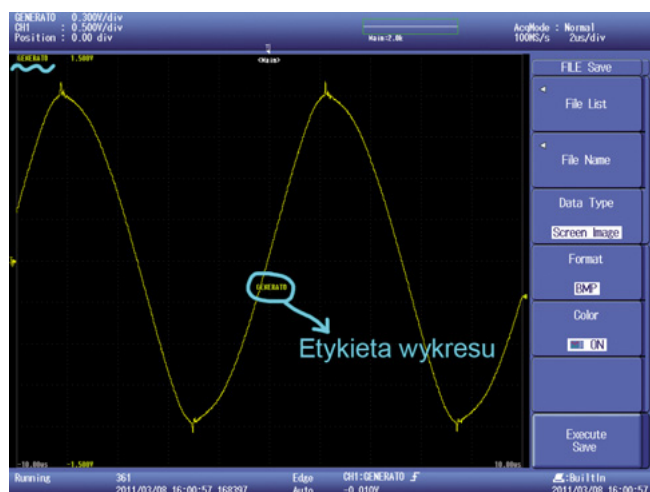
Oscyloskop DL850 nie jest typowym oscyloskopem cyfrowym, jakich dziesiątki można znaleźć w ofertach różnych firm. Jest to przyrząd reklamowany przez producenta, fir-

mę Yokogawa, jako modułowe urządzenie do jednoczesnej rejestracji różnych wielkości fizycznych, takich jak napięcie, prąd, przyspieszenie, ciśnienie itp., a więc mówiący krótko – ScopeCorder. Pierwsze, co zwraca uwagę użytkownika, to brak jakichkolwiek gniazd wejściowych na płycie czołowej. I trudno się temu dziwić, bowiem oscyloskop (pozostaniemy przy nazwie klasycznej) DL850 jest przyrządem wielokanałowym, i wszystkie gniazda po prostu tutaj by się nie zmieściły. Miejsce dla nich przewidziano na bocznej ścianie, gdzie są umieszczane wkładki pomiarowe, każda zawiera 2 kanały. Oznacza to, że możliwa jest obserwacja i pomiary sygnałów w 16 kanałach. Liczba wkładek jest konfigurowana według potrzeb użytkownika. Również typy wkładek są dobierane dowolnie. Każda z nich ma oczywiście swoją cenę, ale też nie ma potrzeby kupowania kompletu oprzyrządowania. Niewykorzystane sloty są maskowane zaślepkami.

Przeglądając ofertę producenta w zakresie wkładek do oscyloskopu DL850 można doszukać się pewnego podobieństwa pomiędzy nimi a specjalizowanymi kartami pomiarowymi do komputerów. Oscyloskop uwalnia jednak użytkownika od konieczności instalowania PC-ta na stanowisku pomiarowym. Bardzo zbliżona do rozwiązań klasycznych jest również obsługa przyrządu. Wkładki tworzą kilka grup funkcjonalnych, przeznaczonych do pomiarów: napięcie, temperatur, sił, przyspieszeń, a nawet częstotliwości (rysunek 1). Ponadto dostępna jest wkładka zawierająca 16-kanalową sondę logiczną oraz moduł przeznaczony do pomiarów interfejsu CAN. Niezwykle istotną cechą wszystkich (z wyjątkiem jednego) modułów jest pełna izolacja galwaniczna pomiędzy wejściami i wyjściami. Najważniejsze parametry modułów pomiarowych przedstawiono w tabeli 1.

Oscyloskop Yokogawa DL850 wyglądem przypomina oscyloskopy cyfrowe, te z najwyższych półek. Trudno się temu dziwić, bo sam do tej kategorii należy. Tu nie mam mowy o próbie zbijania ceny przez zastosowanie kiepskiej jakości plastików, czy nie wyfrezowanych śladach po formie, z której są odlewane detale. Wszystko jest w najwyższej jakości i aż trudno oderwać wzrok od przyrządu. Wrażenie estetyczne jest wzmocnione przez zastosowanie delikatnej, pastelowej kolorystyki w niebieskawym odcieniu. Olbrzymi ekran wyświetlacza TFT LCD mający wymiary 210,4×157,8 mm i matrycę 1024×768 punktów (XGA) stwarza komfort pracy, jakiego życzyłby sobie każdy użytkownik oscyloskopów. Do wyświetlania oscylogramów może być wykorzystana cała powierzchnia ekranu, a gdy konieczne jest uaktywnienie menu, to jest ono wyświetlane w prawej części, tuż przy klawiszach funkcyjnych, zmieniających znaczenie w zależności od kontekstu (rysunek 2).

Wszystkie pokręta i przyciski służące do obsługi oscyloskopu zostały umieszczone



Rysunek 2. Menu kontekstowe wyświetlane z boku ekranu

Tabela 1.

Wejście	Model	Częstotliwość próbkowania	Rozdzielczość	Pasmo	Liczba kanałów	Izolacja	Max. napięcie DC+ACpeak	Dokładność DC	Uwagi
Napięcie analogowe	720210	100 MSa/s	12 bitów	20 MHz	2	+	1000 V 200 V	±0,5%	Duża szybkość, Duże napięcie, Izolacja
	701250	10 MSa/s	12 bitów	3 MHz	2	+	600 V 250 V	±0,5%	Duża odporność na szumy
	701251	1 MSa/s	16 bitów	300kHz	2	+	600 V 140 V	±0,25%	Wysoki zakres czułości, niskie szumy
	701255	10 MSa/s	12 bitów	3 MHz	2	-	600 V 250 V	±0,5%	Odpowiednik 701250 bez izolacji
	701260	100 kSa/s	16 bitów	40 kHz	2	+	1000 V 850 V	±,25%	Pomiar RMS, duża odporność na szumy
	720220	200 kSa/s	16 bitów	5 kHz	16	+ (GND) - (CH-CH)	42 V	±0,3%	16-kanałowy skaner napięciowy
Temperatura	701261	100 kSa/s (napięcie) 500 Sa/s (temperatura)	12 bitów (napięcie) 0,1°C (temperatura)	40 kHz (napięcie) 100 (temperatura)	2	+	42 V	±0,25% (napięcie)	Termopary typu: K, E, J, T, L, U, N, R, S, B, W, iron-doped gold/ chrom
	701262	100 kSa/s (napięcie) 500 Sa/s (temperatura)	12 bitów (napięcie) 0,1°C (temperatura)	40 kHz (napięcie) 100 (temperatura)	2	+	42 V	±0,25% (napięcie)	Termopary (K, E, J, T, L, U, N, R, S, B, W, iron-doped gold/ chrom) z AAF
	701265	500 kSa/s (napięcie) 500 Sa/s (temperatura)	12 bitów (napięcie) 0,1°C (temperatura)	100 Hz	2	+	42 V	±0,08% (napięcie)	Termopary (K, E, J, T, L, U, N, R, S, B, W, iron-doped gold/ chrom), duży zakres czułości, niskie szumy
Siła	701270	100 kSa/s	16 bitów	20 kHz	2	+	10 V	±0,5% (siła)	Czujniki NDIS, mostkowe zasilane napięciem 2, 5, 10 V
	701271	100 kSa/s	16 bitów	20 kHz	2	+	10 V	±0,5% (siła)	Czujniki DSUB, mostkowe zasilane napięciem 2, 5, 10 V, shunt CAL
Przyspieszenie (napięciowe wejście analogowe)	701275	100 kSa/s	16 bitów	40 kHz	2	+	42 V	±0,25% (napięcie) ±0,5% (przysp.)	Wbudowany filtr antyaliasingowy
Częstotliwość	701280	25 kSa/s	16 bitów	rozdzielczość 50 ns	2	+	420 V 42 V	±0,1% (częstotliwość)	Pomiar częstotliwości w zakresie 0,01 Hz...200 kHz
Sonda logiczna	720230	10 MSa/s	-	-	8-bit × 2 porty 16 sygnałów × 2 porty	-	-	-	Port 8-bitowy ×2
CAN	720240	100 kSa/s	-	-	-	+	10 V	-	dane CAN max. 16-bitowe

w prawej części panelu przedniego. Ich pozorne duże zagęszczenie w najmniejszym stopniu nie wpływa negatywnie na wygodę pracy. Dodatkowo, pod ekranem znajdują się przyciski szybkiego wyboru wykorzystywane do wywoływania różnych funkcji pomocniczych. Wśród nich jest na przykład przycisk *SNAPSHOT* pełniący funkcję odpowiadającą przyciskom *REF* znanym ze zwykłych oscyloskopów cyfrowych. Zaletą rozwiązania zastosowanego przez Yokogawę jest natychmiastowe wykonanie akcji, czyli skopiowanie aktualnego oscylogramu jako przebiegu referencyjnego, bez konieczności przebijania się przez różne menu występujące w rozwiązaniach klasycznych. Przebieg odniesienia jest wyświetlony w kolorze białym. Równie łatwo, jednym klawiszem, jest on kasowany. Wszystkie kanały pomiarowe mogą mieć nadaną własną nazwę, która jest wyświetlana na ekranie. Dodatkowo można włączyć wyświetlanie etykiet, które są

umieszczane tuż przy wykresach (widać to na rysunku 2).

Ustawianie parametrów, takich jak: typ sprzężenia, czułość, ograniczenie pasma, przesunięcie pionowe i poziome, tłumienie sondy odbywa się po naciśnięciu przycisku danego kanału. Pamiętajmy jednak, że może ich być aż 16, więc dla ułatwienia wykonywania tej czynności w oscyloskopie DL850 dodano przycisk *ALL CH*. Po jego naciśnięciu na ekranie ukazuje się tabelka ze wszystkimi nastawami. Można się po niej poruszać za pomocą przycisków kursorowych (lewo prawo, góra, dół), i w bardzo wygodny sposób modyfikować dowolny parametr. Dodatkową korzyścią jest pełny przegląd wszystkich nastaw. Jeszcze łatwiej czynność tę wykonuje się po dołączeniu klawiatury USB, a nawet myszki – firmware oscyloskopu dopuszcza taką opcję. Każdy kanał może mieć włączony własny ogranicznik pasma, przy czym w zależności od zastosowanej

wkładki dostępnych jest kilka filtrów. W zwykłych oscyloskopach jest to na ogół jeden filtr 20 MHz. Ponadto, oprócz tradycyjnego, skokowego sposobu zmieniania czułości według schematu 1-2-5-10, w oscyloskopie DL850 można korzystać z pionowego zoomu tej nastawy. Pozwala to lepiej dopasować wielkość oscylogramu do wysokości ekranu, chociaż nadal jest to regulacja skokowa, za to z gęstszym rastrem. Jeszcze lepszy, bo precyzyjny rezultat uzyskuje się po włączeniu opcji *SPAN*, w której określane jest górne i dolne napięcie wyświetlane na ekranie.

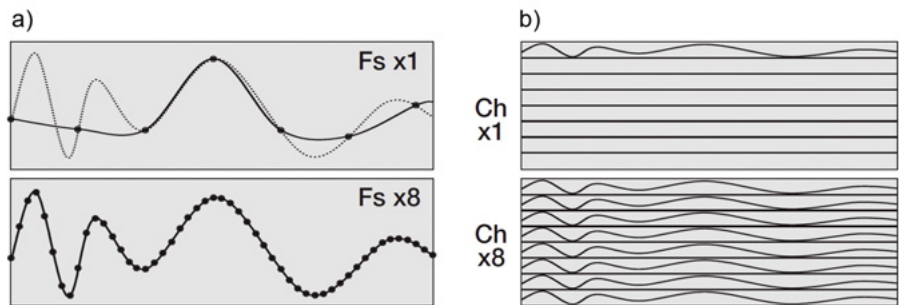
Rejestrator

Nazwa ScopeCorder nie wzięła się z przypadku. DL850 jest bowiem połączeniem oscyloskopu cyfrowego z rejestratorem przebiegów bardzo wolno zmiennych. Do pełnego korzystania z funkcji rejestratora konieczne jest jednak wyposażenie przyrządu w pełną,

2 GB opcję pamięciową. Przyrząd przełącza się automatycznie w tryb rejestratora po wybraniu podstawy czasu równej lub dłuższej niż 100 ms/dz. Oscylogramy są wówczas kreślone od prawej do lewej strony, a po wypełnieniu całego ekranu wykres jest przesuwany w lewo. Dane pomiarowe mogą być zapisywane bezpośrednio na wewnętrznym 160 MB dysku twardym, w jaki jest wyposażony oscyloskop (opcja). Mimo, że jest to dość duża pojemność, istnieje również możliwość zapisywania danych na dysku zewnętrznym z interfejsem SATA. O możliwościach rejestratora świadczy najdłuższa podstawa czasu – 3 doby/dz. Na ekranie mieści się zapis z 30 dni. Dane mogą być również przesyłane bezpośrednio do komputera PC, bez wstrzymywania rejestracji. Następnie, przy wykorzystaniu oprogramowania Xviewer są wyświetlane i analizowane.

Z rejestracją przebiegów bardzo wolno zmiennych wiąże się jednak pewien problem. Taki tryb pomiarowy jest często wykorzystywany do analizy sytuacji anormalnych, jakimi bardzo często są krótkie zakłócenia, które przy wolnej podstawie czasu mogą być nawet niezauważone. Aby je prawidłowo zdiagnozować, powinny być zarejestrowane z możliwie dużą częstotliwością próbkowania. Podobno nie ma rzeczy niemożliwych. W oscyloskopie DL850 problem ten rozwiązuje cecha *Dual Capture*, polegająca na rejestrowaniu danych z dwiema częstotliwościami próbkowania.

„Przegapienie” anomalii jest jednak możliwe nawet podczas pracy z dużą częstotliwością próbkowania – po prostu zdarzenie takie jest wyświetlane bardzo krótko, a następnie jest zacieranane kolejnymi. Często do wychwytywania takich sytuacji wystarczy umiejętne ustawienie warunku wyzwiania, ale potrzebna jest do tego choćby minimalna znajomość zjawiska. Jeśli jest to zdarzenie przypadkowe o nieznanym charakterze, trudno dobrać odpowiedni warunek wyzwolenia. Rozwiązaniem może być funkcja *History* dostępna w oscylo-



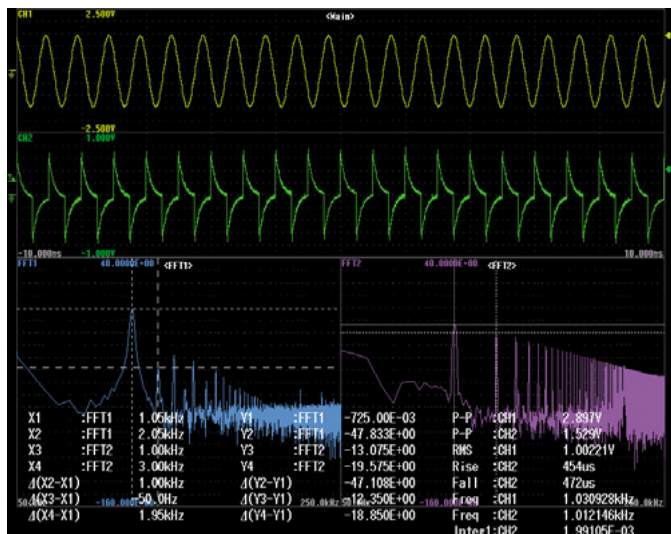
Rysunek 3. Korzyści wynikające ze zwiększenia pamięci rejestratora: a)większa częstotliwość próbkowania, b)większa liczba mierzonych kanałów przy ustalonej częstotliwości próbkowania

skopie DL850, której uruchomienie stwarza możliwość przeglądania aż 5 tysięcy zapisanych automatycznie w pamięci przyrządu „ekranów”. Czynność ta przebiega sprawnie m.in. dzięki pokrętlu umieszczonego w górnej części panelu przedniego. Oprócz samych przebiegów, na ekranie widoczne są powiązane z nimi parametry liczbowe – numer kolejny, godzina rejestracji i wartość próbki. Ponadto, w znalezieniu określonego zdarzenia użytkownik uzyskuje wsparcie w postaci dodatkowych mechanizmów przeszukiwania. Można na przykład zdefiniować prostokątną strefę na ekranie, i wyszukiwać z historii tylko takie przebiegi, które przez nią przechodzą.

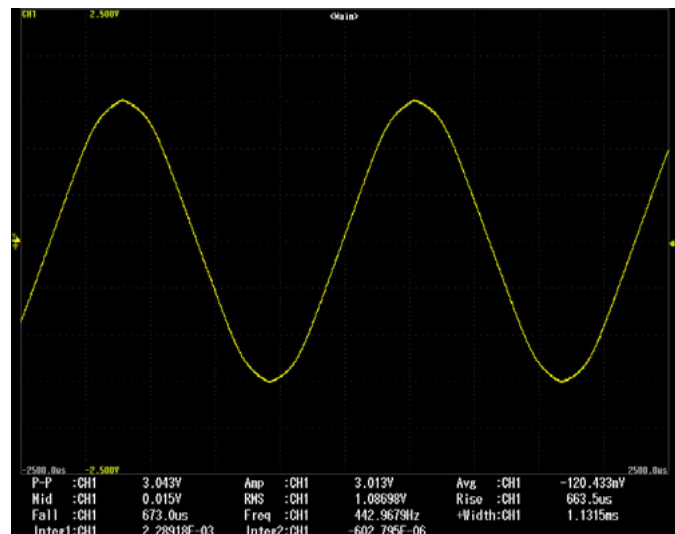
Wyzwalanie i pamięć

O znaczeniu systemu wyzwiania w poszukiwaniach anomalii sygnałów była tylko krótka wzmianka, warto więc poświęcić jeszcze chwilę temu tematowi. W oscyloskopie DL850 tryby wyzwiania podzielono na proste i rozszerzone. Wyzwalanie proste jest bardzo podobne do rozwiązań znanych z większości oscyloskopów cyfrowych. Na uwagę zasługuje tryb *Auto Level*, w którym poziom wyzwiania jest zmieniany proporcjonalnie do zmieniającego się offsetu przebiegu badanego. Wszystko odbywa się oczywiście automatycznie, bez ingerencji użytkownika. Wyzwalanie rozszerzone stwarza sporo nowych możliwości. Na

przykład zdarzeniem wyzwajającym może być określony czas odmierzony zegarem oscyloskopu lub interwał pomiędzy dwoma zdarzeniami. Kolejna opcja to: $A \rightarrow B(N)$, w której wyzwolenie następuje po n-krotnym spełnieniu warunku B, bezpośrednio po wcześniejszym spełnieniu warunku A. Podobnie działa wyzwianie *A Delay B*, z tym że po spełnieniu warunku A jest uruchamiany timer odmierzający opóźnienie. Po przekroczeniu tego czasu wyzwolenie następuje przy najbliższym spełnieniu warunku B. Trybem wyzwiania bardzo często stosowanym w pomiarach systemów zasilających jest *Wave Window*. Umożliwia on wykrywanie takich zjawisk jak: zwisy, wzrosty i chwilowe zaniki napięcia zasilającego. Wyzwalanie następuje w chwili, gdy badany przebieg wykracza poza zdefiniowaną wcześniej maskę. Mechanizm ten przypomina trochę znany Czytelnikom test *Go/No-Go*, przy czym chodzi tu o inicjowanie wyzwiania, a nie o sprawdzanie poprawności parametrów badanego przebiegu. Oczekiwanie na sytuację anormalną może trwać długo, w dodatku trudno przewidzieć kiedy ona może nastąpić. Chociaż interesujące nas zdarzenie zostanie zarejestrowane dzięki wyzwoleniu, to warto na nie szybko reagować. Trudno jednak podejrzewać, aby znalazł się ktoś, kto przez kilka godzin będzie beczynnym wpatrywał się w ekran oscyloskopu, dlatego w takich pomiarach najczęściej



Rysunek 4. Analiza FFT prowadzona jednocześnie w dwóch kanałach



Rysunek 5. Przykładowe pomiary automatyczne

będzie uruchamiana opcja *Action ON trigger*. Polega to na uruchamianiu określonych operacji wykonywanych po wyzwoleniu podstawy czasu. Operacjami takimi może być: sygnał dźwiękowy, wydrukowanie zrzutu ekranowego, zapisanie danych w pamięci, zapisanie zrzutu ekranowego w pamięci, wysłanie e-maila pod określony adres.

Wróćmy jeszcze na chwilę do pamięci oscyloskopu. Nie trudno domyślić się, że im będzie jej więcej, tym lepiej. Powiększenie pamięci jest wskazane nie tylko w celu polepszenia parametrów rejestratora. Korzyści wynikają z faktu wzajemnego powiązania ze sobą takich parametrów, jak: wielkość pamięci, prędkość próbkowania i liczba kanałów pomiarowych. Poszerzenie pamięci pozwala więc zwiększyć prędkość próbkowania przebiegów, lub przy ustalonej prędkości zwiększyć liczbę kanałów pomiarowych. Zilustrowano to na **rysunku 3**.

DSP na służbie

Oscyloskop służy do oglądania przebiegów elektrycznych, wydawać by się więc mogło, że każda ingerencja w zmierzone dane zaburzy rzeczywistość i w pewnym sensie zafałszuje wyniki. Tak oczywiście nie jest. Często na przykład zależy nam na uzyskaniu informacji o czystym sygnale występującym na tle szumów, o których dobrze wiemy, że są. Mimo, że odfiltrowanie szumów faktycznie zmienia postać rzeczywistego sygnału, ale pozwala ujawnić tylko tę informację, na której nam zależy. W oscyloskopie DL850 zastosowano bardzo potężne narzędzie służące do obróbki sygnału, jakim jest procesor DSP. Umożliwia on nie tylko cyfrową realizację filtrów FIR, IIR, Gauss itp., ale również wykonuje złożone operacje na powiązanych danych z kilku kanałów, prowadzi obliczenia matematyczne takie jak: całkowanie, różniczkowanie itp. Można nawet zaryzykować stwierdzenie, że trudno tu doszukać się jakichś ograniczeń, gdyż użytkownik dostaje do dyspozycji edytor równań, za pomocą którego może wprowadzić niemal dowolną funkcję realizowaną później przez procesor DSP. Przykładowym zadaniem może być obliczanie w czasie rzeczywistym mocy wydzielanej w obwodzie 3-fazowego prądu przemienne. Przypomnijmy, że jest to suma trzech uśrednionych za okres całek z iloczynu prądu i napięcia fazowego. Zabrzmiało poważnie, ale w rzeczywistości jest to jedno z prostszych zadań do rozwiązania. Definiowanie wyrażeń przebiega zdecydowanie łatwiej przy zastosowaniu klawiatury komputerowej USB. Innym, standardowym (bez konieczności wprowadzania wyrażeń matematycznych) wykorzystaniem procesora DSP jest analiza FFT, która może być prowadzona jednocześnie w dwóch kanałach (**rysunek 4**). Widmo może być wyświetlane w liniowej lub logarytmicznej skali częstotliwości, i właściwie trudno jest odpowiedzieć na pytanie, dlaczego opcja ta jest prawie niespotykana w większości po-

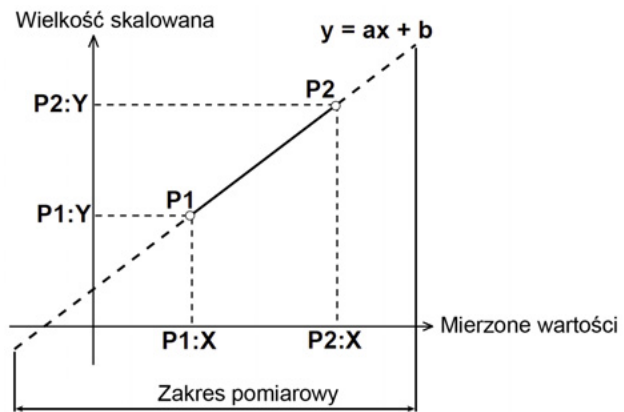
pularnych oscyloskopów cyfrowych. Przydatność procesora DSP ujawnia się ponadto po włączeniu funkcji pomiarów automatycznych. Wyniki są wyświetlane w dolnej części ekranu. Mogą być one umieszczone na tle oscylogramu, wygodniej jest jednak zmniejszyć obszar rysowania wykresów, aby nie zacięły one wyników liczbowych (**rysunek 5**).

Nec Hercules contra plures

Oscyloskop DL850 stanowi potężne narzędzie pomiarowe, szczególnie wtedy, gdy jest wyposażony we wszystkie opcje. Ale i to, jak się okazuje, czasami jest za mało. Przewidziano więc synchroniczną pracę kilku połączonych ze sobą przyrządów. Przykładem mogą być jednoczesne pomiary wykonywane w kilku wagonach składu kolejowego. Urządzeniem synchronizującym może być odbiornik GPS dysponujący wyjściowym sygnałem IRIG (Inter-Range Instrumentation Group) doprowadzonym do wejścia IRIG oscyloskopu. Synchronizacja prowadzona tą metodą osiąga precyzję równą 1 μ s, z taką bowiem dokładnością jest ustawiany zegar czasu rzeczywistego w oscyloskopie, wykorzystywany do synchronizowania pomiarów. W bloku wyzwalań powinna być w takim przypadku wybrana opcja *Time Trigger*. Do wyzwalań mogą być również wykorzystywane wejścia i wyjścia wyzwalań zewnętrznego (TRIGGER IN i TRIGGER OUT) zakończone gniazdami BNC.

Pomiary nie tylko napięć

Jest to oczywiście drobne uproszczenie, gdyż w rzeczywistości zawsze jest mierzone napięcie, ale stosując pewne zabiegi użytkownik może odnieść wrażenie, że mierzy bezpośrednio zupełnie inne wielkości fizyczne. Do pomiarów takich niezbędny jest odpowiedni interfejs elektryczny, a w tej roli występują wkładki pomiarowe. Problem jednak na tym się nie kończy, gdyż do urządzenia mogą być dołączane sensory o różnych czułościach, charakterystykach itp. Niezależnie od tego, oczekujemy prawidłowego interpretowania wyników i wyświetlania ich w jednostkach wielkości mierzonej przez sensor. Cel ten jest uzyskiwany po zastosowaniu skalowania liniowego realizowanego dwoma metodami: $AX+B$ lub $P1-P2$. Idea skalowania polega na takim przekształceniu matematycznym danych pomiarowych, aby przeliczyć je na fizyczne jednostki odpowiadające zakresowi pomiarowemu czujnika. Przykładowo: założmy, że do wkładki pomiarowej dołączamy tensometr o zakresie pomiarowym 0...1000 N wytwarzający na



Rysunek 6. Graficzna interpretacja metody skalowania liniowego.

wyjściu napięcie z przedziału 0,5...2,5 V. Jeśli zatem parametry skalowania zostaną dobrane tak, że $A=500$, a $B=-250$, to wskazania oscyloskopu będą odpowiadały dokładnie jednostkom siły [N]. Dla wygody jednostka ta może być wyświetlana we wszystkich opisach na ekranie. Skalowanie może być również przeprowadzone na podstawie znajomości dwóch punktów charakterystyki sensora, co wyjaśniono na **rysunku 6**.

To jeszcze nie wszystko

O oscyloskopie DL850 można by pisać jeszcze długo, ale artykuł musi się zamknąć w rozsądnej objętości. Na zakończenie więc, już tylko w wielkim skrócie, zostaną wymienione inne, ciekawe cechy tego przyrządu.

Bogactwo interfejsów. Użytkownik nie może narzekać. Do dyspozycji ma interfejsy/gniazda: 2xUSB 2.0, Ethernet 100BASE-TX, gniazdo karty SD, opcjonalne gniazdo SATA dla zewnętrznego dysku twardego, opcjonalne IRIG (synchronizacja zewnętrzna), opcjonalne GPIB, wyjście Video dla monitora zewnętrznego XGA RGB, GO/NO-GO i start/stop IO, External Clock, wejście i wyjście zewnętrznego wyzwalań.

Wbudowana drukarka. Przydatna, gdy konieczne jest szybkie wykonanie dokumentacji pomiarowej. Jest to jednak drukarka na papier termiczny o szerokości 111 mm, trwałość takich wydruków nie jest wielka. Drukarkę umieszczono w górnej części obudowy, dostęp do niej jest uzyskiwany po odchyleniu pokrywy.

Oscyloskop Yokogawa DL850 nie jest zwykłym przyrządem, o czym mogliśmy się chyba przekonać. Na pewno nie jest to narzędzie pomiarowe dla każdego, ba można powiedzieć, że oscyloskop ten będzie kupowany do bardzo konkretnych zastosowań. Nad jego zakupem mogą zastanawiać się konstruktorzy projektujący urządzenia z przetwornikami analogowo-cyfrowymi, czujnikami wielkości fizycznych, interfejsem CAN. Trzeba jednak spłacić 2 ratę. Tym razem tę prawdziwą, i w dodatku nie małą.

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