



Bardzo zmyślny oscyloskop CS328A

Rewizja poglądów na temat przystawek

Mimo stosowania bardzo nowoczesnych podzespołów w konstrukcjach oscyloskopów USB, nadal na ogół ustępują one dość znacznie swoim stacjonarnym odpowiednikom. Przyrządy te nie stoją jednak na straconej pozycji. Dużo zależy od tego, jak zostanie napisane dla nich oprogramowanie firmowe i w jakim stopniu będzie ono wykorzystywało moc obliczeniową komputera.

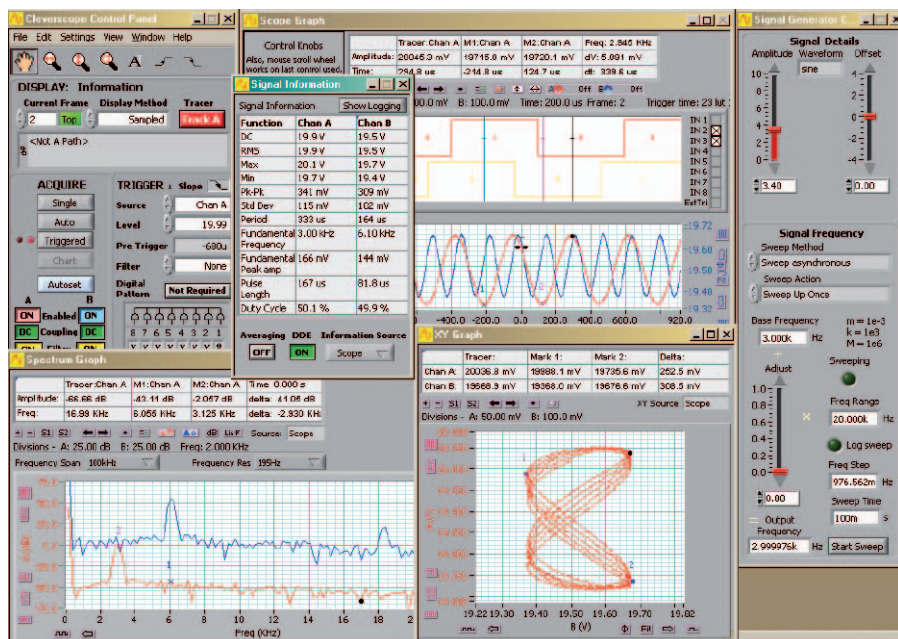
Nigdy nie ukrywałem swojego ambiwalentnego stosunku do oscyloskopów USB, zwanych często – używając terminologii kulinarnej – przystawkami. Mimo że w pracy zawodowej korzystam z komputera i wielu programów, z urządzeniem tym raczej jestem w zgodzie, to jego pośrednictwo w obsłudze oscyloskopu zawsze mnie drażniło. Zdecydowanie wolę obracać prawdziwymi pokrętkami umieszczonymi na panelu przyrządu niż ich wirtualnymi odpowiednikami obsługiwany, nie daj Boże, wyłącznie myszką. Rozumiem jednak, że oscyloskopy USB są dla niektórych użytkowników idealnym rozwiązaniem i znajdują szeroką rzeszę zwolenników. Dostępna obecnie technika pozwala budować naprawdę bardzo zaawansowane przyrządy, charakteryzujące się sporymi

możliwościami, w zupełności wystarczającymi w wielu przypadkach. To, co z jednej strony bardzo mi przeszkadza, a więc ten nieszczęsny komputer stojący między mną a oscyloskopem, jest z drugiej strony zaletą oscyloskopu USB. Duża moc obliczeniowa, a przede wszystkim lepsze parametry graficzne wyświetlacza w porównaniu z przyrządami stacjonarnymi decydują o jakości tworzonych oscylogramów oraz możliwościach oprogramowania firmowego. Korzyścią jest też łatwość uaktualniania tegoż oprogramowania i dostosowywania go do specyficznych potrzeb użytkowników. Wydaje się jednak, że potencjał ten w większości przypadków nie jest wykorzystywany przez producentów oscyloskopów USB i nadal wszelkie trendy wyznacza sprzęt stacjonarny.

Cleverscope inny niż wszystkie

Podany wyżej osobisty pogląd na temat oscyloskopów USB muszą jednak znacznie zweryfikować w odniesieniu do przyrządu firmy Cleverscope, który miałem przyjemność testować. Już przy pierwszym kontakcie z urządzeniami tej marki uwidaczniają się ich indywidualne cechy, odróżniające je od większości innych przyrządów. Bardzo mocną stroną jest oprogramowanie firmowe, w którym zaimplementowano wszystkie funkcje, jakich życzyłby sobie każdy użytkownik mający już wcześniej kontakt z oscyloskopami cyfrowymi. W tym przypadku jednak bardzo dobrze wykorzystano moc obliczeniową komputera, co objawia się kilkoma cechami, jakie nieczęsto spotykamy w podobnych urządzeniach innych firm.

Koncepcja oprogramowania jest dość oczywista. Zakłada, że każdy blok funkcjonalny jest wyświetlany w odrębnych, skalowalnych oknach. Dzięki temu można dość dowolnie, według własnych upodobań, skomponować wygląd ekranu, włączając lub wyłączając w razie potrzeby poszczególne funkcje. Komfort pracy staje się ekstremalnie wysoki, gdy dysponujemy dużym monitorem



Rys. 1. Przykład złożonych pomiarów wykorzystujących różne tryby pracy oscyloskopu

panoramicznym wysokiej rozdzielczości. Do pracy wymagana jest aktywność minimum dwóch okien: *Control Panel* i *Scope Graph*. W pierwszym z nich zgromadzone elementy regulacyjne decydujące o działaniu podstawy czasu i układu wyzwalania, w drugim natomiast są wyświetlane oscylogramy w postaci tradycyjnej, czyli jako sygnał wejściowy w funkcji czasu. Pozostałe okna, takie jak: *Tracking Graph* (okno śledzenia), *Spectrum Graph* (okno, w którym jest wyświetlany wynik analizy widmowej), *Digital Graph* (okno wyświetlania przebiegów cyfrowych), *Information Display* (okno notatek, w którym można zapisywać własne uwagi dotyczące prowadzonych pomiarów), *Math Equation Builder* (okno komponowania funkcji matematycznych wykorzystywanych do tworzenia oscylogramów) i *Sig Gen Control* (okno sterujące wbudowanym generatorem funkcyjnym), mogą być włączane opcjonalnie i rozmieszczane na ekranie według własnych upodobań. Oscyloskop CS328A stwarza przy tym możliwość jednoczesnego obserwowania sygnałów z obu kanałów pomiarowych i wyświetlania wyników analizy widmowej każdego sygnału. W tym samym czasie może być również prowadzona na przykład analiza zależności częstotliwościowych lub fazowych występujących między badanymi sygnałami, do czego dobrze nadaje się okno XY. Przykład takich pomiarów przedstawiono na rys. 1, (nie jest to fotomontaż). Do wykonania tego pomiaru został wykorzystany zewnętrzny generator sinusoidalny i wbudowany w przystawkę generator funkcyjny. Jego panel sterujący jest widoczny w prawej części rysunku. Dostępne są przebiegi: sinusoidalny, trójkątny i prostokątny oraz napięcie stałe o regulowanym poziomie oraz poziom odniesienia (GND). Regulację poszczególnych parametrów (napięcia, offse-

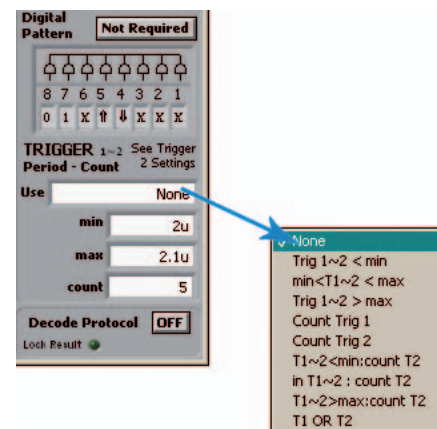
tu, częstotliwości) prowadzi się za pomocą wygodnych suwaków ekranowych lub przez podanie wartości liczbowych. Generator umożliwia również przemiatanie częstotliwości w zdefiniowanym wcześniej zakresie i z podaną szybkością. Na uwagę zasługują bardzo dobre parametry sygnału wyjściowego, w szczególności mały poziom szumów i duży zakres regulacji. Jest to bardzo przydatny dodatek do oscyloskopu. Na pewno zadowolili on każdego użytkownika tego przyrządu.

Producent oscyloskopu CS328A bardzo dużą wagę przykład do jakości rozwiązań sprzętowych. W komplecie dostajemy dwie bardzo dobre sondy pomiarowe mogące pracować w paśmie do 200 MHz z tłumieniem 1:1 lub 1:10. Dość zaskakujący jest również duży zakres dopuszczalnych napięć wejściowych (dla kanałów Y) wynoszący aż 300 V_{RMS} lub 420 V_{pp} dla napięcia prostokątnego o wypełnieniu 50% i szerokości impulsu mniejszej niż 100 ms. Niespotykanym rozwiązaniem jest przełączalna rozdzielczość układu akwizycji, która w zależności od opcji zastosowanego modułu może być równa 10, 12 lub 14 bitów. Także nie często spotyka się stosowanie w podobnych oscyloskopach opcjonalnego filtra antyaliasingowego. W opisywanym przyrządzie jest to filtr 5. rzędu zastosowany w każdym kanale pomiarowym, charakteryzujący się 0,5 dB zafalowaniami w paśmie przepustowym i 50 dB spadkiem charakterystyki dla częstotliwości 100 MHz. Oscyloskop CS328A ma niewielką częstotliwość próbkowania wynoszącą 100 MSa/s. Dla średnio wymagającego użytkownika może się to wydawać zbyt mało, ale CS328A nie został skonstruowany, by konkurować z oscyloskopami stacjonarnymi, w których parametr ten bywa znacznie lepszy. O jego przydatności decydują inne, dość

bogate i oryginalne cechy. Wybrane parametry oscyloskopu CS328A zebrano w tab. 1.

Jednym z ważniejszych parametrów każdego oscyloskopu cyfrowego jest wielkość bufora próbek. W CS328A można pomieścić 4 M próbek w każdym kanale. To całkiem sporo. Podczas tworzenia oscylogramu może być włączona opcja uśredniania, przydatna podczas obserwowania zaszumionych sygnałów i znacznie polepszająca dynamikę. Choć taka funkcja nikogo nie powinna zaskoczyć, to na uwagę zasługują tryby jej działania, decydujące o efektywności. Uśrednianie zatem może być:

- Liniowe (*Line*) – do utworzenia oscylogramu zawsze jest brana jednakowa liczba różnych ramek, będąca parametrem funkcji. Choć stosując uśrednianie liniowe, eliminuje się szumy, to jednak na ekranie wyraźnie widoczne są przeskoki pomiędzy wyświetlaniem kolejnych ramek.
- Wykładnicze (*Exponential*) – w tym przypadku tworzona jest średnia ruchoma, dzięki czemu oscylogramy powstają w sposób bardziej płynny niż w poprzedniej metodzie. Tu również liczba uśrednień jest parametrem;
- Szczytowe (*Peak*) – tryb przydatny tylko podczas badania widma sygnału. Analizowana jest w nim częstość występowania poszczególnych punktów w widmie. Zwykle w recenzjach stacjonarnych oscyloskopów cyfrowych dużo miejsca zajmują fragmenty związane z systemem wyzwalania, však jest to parametr decydujący o możliwości wychwytywania wielu specyficznych sytuacji. Przy pierwszym kontakcie z oscyloskopem CS328A odnosi się wrażenie, że tryby wyzwalania są w nim bardzo proste, ale jednocześnie mało intuicyjne. W rzeczywistości stanowią jedną z mocniejszych stron przyrządu. Do ich pełnego wykorzystania niezbędne jest jednak pewne doświadczenie, a przede wszystkim świadomość mierzonych zjawisk. Tryby wyzwalania wymieniono w tab. 1. Do najprostszych obserwacji będzie wykorzystywane zwykle



Rys. 2. Okno wprowadzania kombinacji cyfrowych sygnałów wyzwalających

wyzwalanie zboczem, wzbogacone o dodatkowe włączenie filtra dolnoprzepustowego, górnoprzepustowego lub filtra szumu. Jeśli w pomiarach brane są pod uwagę również przebiegi cyfrowe (będzie o tym mowa w dalszej części artykułu), to można skorzystać z dodatkowych opcji wyzwalania zdefiniowaną kombinacją wejść cyfrowych. Mogą to być określone stany na poszczególnych liniach (nie wszystkie muszą być uwzględnione) lub określone zmiany tych linii. Okienko, w którym wprowadza się kombinację wyzwalającą, przedstawiono na **rys. 2**. Symbole funkatorów widoczne w górnej części rysunku oznaczają, że podane pod nimi warunki mogą być powiązane ze sobą zależnościami logicznymi. Moment wyzwolenia jest określany jednym lub dwoma zdarzeniami. Jeśli definiowane są dwa zdarzenia, to pomiędzy nimi wprowadza się różne zależności czasowe i logiczne. Warunkiem wyzwolenia może więc być nie tylko zwykła kombinacja stanów na wejściach cyfrowych, ale również sekwencja określonych zdarzeń. Opisanie wszystkich trików, jakimi posługują się doświadczeni użytkownicy oscyloskopu CS328A, wykracza poza ramy tego artykułu. Warto zapoznać się z dokumentacją dostępną na stronie internetowej producenta. Jeszcze bardziej przemawiające do wyobraźni będą filmy umieszczone pod adresem <http://www.cleverscope.com/videos/>.

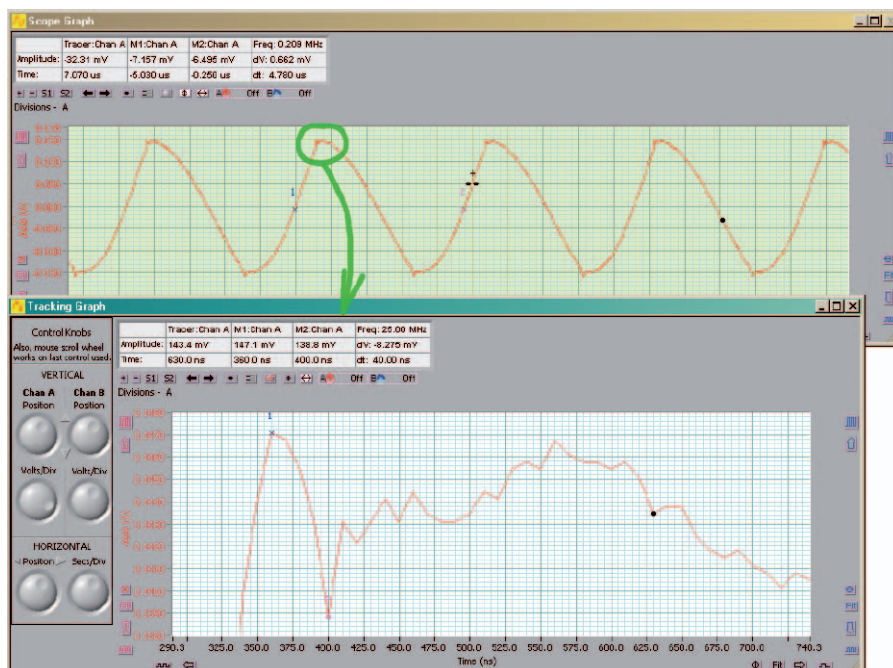
W oscyloskopie CS328A zastosowano oryginalne metody wyświetlania oscylogramów, określane w oknie *Method Display*. Dostępne opcje przypominają tryby akwizycji znane z przyrządów stacjonarnych. Podstawową i najczęściej wykorzystywaną jest metoda Sampled. Próbkę, z których tworzony jest oscylogram, są pobierane z bufora w regularnych odstępach czasu, w zależności od ustawionej rozdzielczości czasowej oscylogramu. Wszystko to, co występuje w sygnale między próbkami, np. krótkotrwałe zakłócenia impulsowe, nie będzie wyświetlone. Aby było to możliwe, należy skorzystać z metody Peak Captured. Opcja ta w połączeniu z bardzo dobrymi mechanizmami powiększania oscylogramów jest doskonałym narzędziem do wykrywania i analizowania zakłóceń *glitch*. Z kolei do obserwacji zaszumionych przebiegów o niskiej częstotliwości (<500 kHz) wskazane jest stosowanie metody Filtered, w której próbki są filtrowane jednobiegowym filtrem dolnoprzepustowym. Metoda Repetitive jest natomiast odpowiednikiem próbkowania ekwiwalentnego, które często występuje w komputerach stacjonarnych. Polega na nakładaniu z przeplotem przebiegów na siebie, w wyniku czego liczba punktów, z których tworzony jest oscylogram, wielokrotnie wzrasta w porównaniu z tą, którą uzyskuje się w pojedynczej akwizycji. W ten sposób można obserwować jednak tylko przebiegi okresowe. Ostatnia

Tab. 1. Najważniejsze parametry oscyloskopu CS328A

Wejścia analogowe	
Liczba kanałów	2
Impedancja	1 MΩ ±2%, 20 pF ±3 pF
Tłumienie sond	1:1, 1:10
Max. napięcie wejściowe	300 V _{RMS} * (420 V _{pp} wypełnienie 50%, szerokość impulsu <100 ms)
Opóźnienia między kanałami	200 ps
Przesłuch międzykanałowy	-70 dB dla 10 MHz, 4 V _{pp}
Rozdzielczość	10, 12 lub 14 bitów (w zależności od opcji)
Pełny zakres napięciowy	20 mV...±20 V, sonda 1:1
Pasmo analogowe	100 MHz
Pasmo analogowe w trybie Peak Detect	50 MHz
Pasmo analogowe z włączonym filtrem antyaliasingowym	20 MHz
Minimalna częstotliwość ze sprzężeniem AC	10 Hz (sonda 1:1) 1 Hz (sonda 1:10)
Czas narastania	<3 ns
Szerokość impulsów wykrywanych w trybie Peak Detect	>10 ns
Częstotliwość próbkowania	1500 Sa/s...100 MSa/s
Interpolacja	sin(x)/x
Długość rekordu	1024...4000000 próbek w każdym kanale
Zakres podstawy czasu	1 ns/dz...5 s/dz zmiany w sekwencji 1, 2, 5
Źródła wyzwalania	kan. A, kan. B, sygnał zewnętrzny, kombinacja sygnałów cyfrowych
Tryby wyzwalania	zbocze, kombinacja cyfrowa, szerokość impulsu, nachylenie zbocza, okno napięciowe, licznik
Wejścia cyfrowe	
Liczba kanałów cyfrowych	8
Impedancja wejść cyfrowych	100 kΩ, 10 pF
Zakres napięciowy wejść cyfrowych	-16...20 V
Zakres regulacji napięcia progowego	0...8 V w krokach 10 mV
Częstotliwość próbkowania	100 MSa/s
Inne	
Pomiary automatyczne	VDC, VRMS, Max., Min., Peak-Peak, Standard Deviation, Period, Fundamental Signal Frequency, Fundamental Signal Amplitude, Pulse width, Duty Cycle, Freq and Amplitude for fundamental + second and third harmonics, THD, SINAD, HD2+3
Obliczenia matematyczne na sygnałach	różniczkowanie, całkowanie, filtrowanie
Obliczenia matematyczne na danych	Dodawanie, odejmowanie, mnożenie, podnoszenie do kwadratu, pierwiastkowanie, funkcje trygonometryczne (sin, cos, tg – proste i odwrotne), logarytmowanie, równania matematyczne
Maksymalna liczba składników wyrażeń matematycznych	8
Analiza widmowa	amplitudowa RMS, moc, gęstość mocy, wzmocnienie/faza
Okna analizy FFT	none, Hanning, Hamming, Blackman-Harris, Flat top, Low Sidelobe
Wymiary, zasilanie, waga	
Zasilanie	6...20 VDC (zasilacz w zestawie)
Pobór mocy	6 W
Napięcie sieci	100...240 V 50...60 Hz
Wymiary	35×153×195 mm (ze złączami BNC)
Waga	Ok. 1,6 kg

opcja – Waveform avg – jest dobrze znana wszystkim użytkownikom oscyloskopów cyfrowych. Oscylogram powstaje w wyniku uśrednienia danych z kilku akwizycji. Dość dobrze eliminuje się w ten sposób szumy, które nie są w żaden sposób powiązane z badanym przebiegiem. Liczba uśrednień może być równa 4, 16, 64 lub 128.

We wszystkich oknach przedstawiających oscylogramy, niezależnie od ich typu, widnieją tabelki określające parametry przebiegów. Są one powiązane z dwoma markarami ekranowymi i traserem. Markery mogą być ustawiane „na sztywno” na wykresie, traser natomiast zawsze śledzi ruch myszki. Wyboru śledzonego kanału dokonuje się



Rys. 3. Pomiar z użyciem traserów w oknie przechwytywania

specjalnym klawiszem ekranowym *Tracer*. Oznacza to, że nie ma możliwości ustawienia jednego markera na pierwszym, a drugiego markera na drugim przebiegu jednocześnie. Markery i traser umożliwiają wykonywanie bardzo dokładnych pomiarów najdrobniejszych fragmentów oscylogramu. Wygodnie jest stosować do tego okno *Tracking Graph*, w którym umieszcza się nawet mocno powiększony oscylogram. Przykład takiego pomiaru przedstawiono na rys. 3.

Dodatki sprzętowe

O tym, że mocną stroną oscyloskopów USB jest, a przynajmniej powinno być oprogramowanie firmowe uruchamiane na komputerze, już wiemy. Odkryliśmy już kil-

ka takich mocnych punktów oscyloskopu CS328A, ale to nie wszystko. Na rys. 1 nie uwzględniono jeszcze jednego komponentu, który może być bardzo przydatny w pracach. Jest to 8-kanalowa sonda logiczna, za pomocą której można obserwować przebiegi cyfrowe. Są one wyświetlane w tym samym oknie, co przebiegi analogowe (w wydzielonym jego obszarze). Można więc nazwać CS328A oscyloskopem sygnałów mieszanych (MSO – *Mixed Signal Oscilloscope*). Sondę logiczną stanowią dwa moduły dołączane do przystawki poprzez gniazda RJ (fot. 4).

Widoczne w tylnej części obudowy przystawki gniazdo „Link” jest przeznaczone dołączenia ze sobą dwóch oscyloskopów

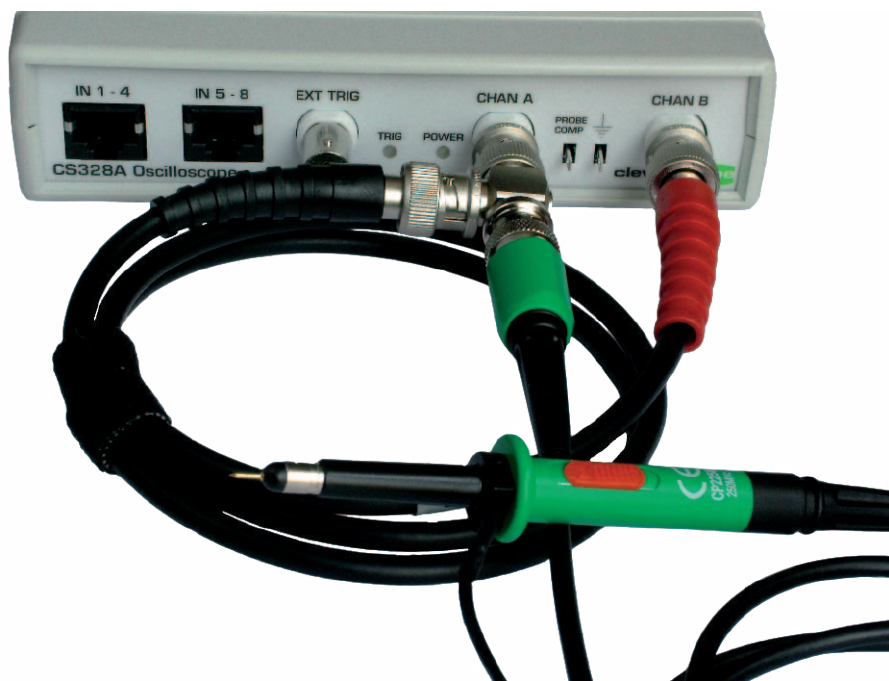
CS328A, przez co uzyskuje się jeden 4-kanalowy. W takiej konfiguracji uzyskujemy naprawdę bardzo potężny przyrząd, ale... Niestety, jak już wiemy, jego wadą jest stosunkowo niewielka częstotliwość próbkowania, wynosząca zaledwie 100 MSa/s. Trudno ten parametr porównać nawet z bardzo popularnymi i stosunkowo tanimi oscyloskopami stacjonarnymi, w których próbkowanie z częstotliwością 500 MSa/s jest już od dawna minimalną wartością oczekiwaną przez użytkowników. Konstruktorzy cleverscopów wymyślili bardzo oryginalną metodę poprawienia parametrów próbkowania, za którą trzeba jednak zapłacić dodatkowo ok. 99 USD. Tyle bowiem kosztuje linia opóźniająca (tak, tak, nawet w dobie techniki cyfrowej pamiętamy o takich rozwiązaniach), włączana między kanałem A i B (fot. 5). Przebieg pomiarowy wprowadza się za pomocą trójnika wbudowanego w linię. Po uruchomieniu matematycznej funkcji *Interleave* uzyskuje się efekt próbkowania z częstotliwością 2-krotnie większą niż robi to „czysty” układ akwizycji. Ze względu na stałe opóźnienie linii równe 5 ns, układ próbkujący musi pracować ze swoją maksymalną częstotliwością (100 MSa/s). Od razu trzeba rozwiązać wątpliwość, że opisana wyżej metoda nie jest odpowiednikiem próbkowania ekwiwalentnego stosowanego dość powszechnie w oscyloskopach cyfrowych. Uzyskuje się w ten sposób rzeczywiste zwiększenie efektywnej częstotliwości próbkowania. Nie ma więc w tym przypadku ograniczenia pomiarów wyłącznie do przebiegów okresowych, a jedyną ceną jest rezygnacja z jednego kanału pomiarowego.

Inne zalety

Omawiając oscyloskop CS328A, warto również wspomnieć o innych zaletach, które może nie przesądzą o jego wyjątkowości, ale w praktyce okazują się bardzo przydatne. Jedną z nich jest możliwość nadawania własnych nazw i kolorów poszczególnym oscylogramom, włącznie z kolorem tła, ale co ważniejsze, można też wprowadzać własne skalowanie osi wykresów. Oznacza to, że gdy do oscyloskopu zostanie dołączony na przykład jakiś przetwornik dowolnej wielkości fizycznej na elektryczną, to znając jego współczynnik przetwarzania, wykresy można tworzyć bezpośrednio w jednostkach wielkości fizycznej. Ponadto zastosowane nazwy będą widoczne w sporządzanej ewentualnie dokumentacji pomiarów. W dużym stopniu poprawi to czytelność, szczególnie wtedy, gdy do archiwum trzeba będzie zaglądać po pewnym czasie. Dodatkowo, na wykresach mogą być umieszczane własne napisy objaśniające obserwowaną sytuację. Będą one widoczne na zrzutach ekranowych oscylogramów. Przy okazji, należy podkreślić dużą wygodę i łatwość eksportowania wyników



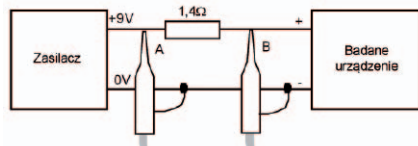
Fot. 4. Sondy cyfrowe



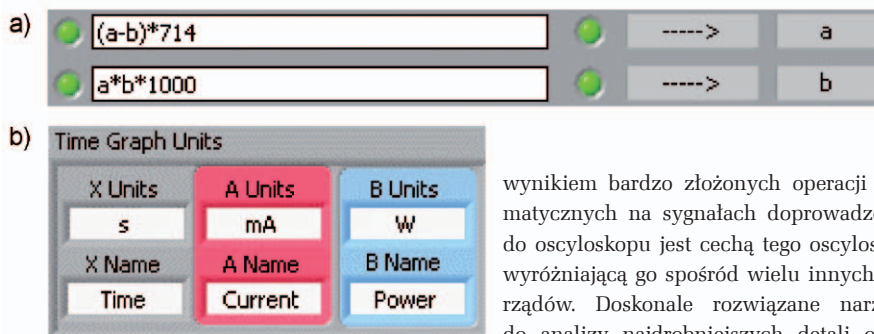
Fot. 5. Linia opóźniająca stosowana do zwiększenia efektywności układu próbkowania

pomiarów do popularnych aplikacji biurowych, takich jak Word czy Excel. Oprócz prostych metod typu Copy-Paste, dane dotyczące mierzonych sygnałów można zapisać w specyficznym formacie programu Cleverscope lub w formacie tekstowym.

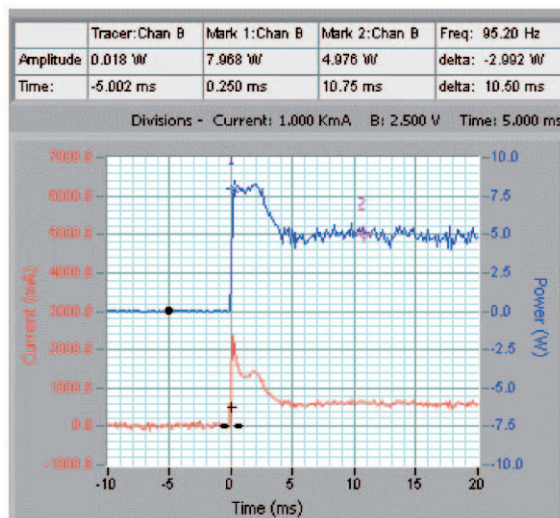
Potężnym narzędziem dostępnym dla użytkownika oscyloskopu CS328A jest blok operacji matematycznych, które można samodzielnie definiować. Obliczenia są wykonywane w oparciu o formułę matematyczną wprowadzoną w Equation Builderze. Narzędzie to pozwala w sposób bezpośredni prowadzić bardzo specyficzne pomiary, praktycznie niewykonalne przy zastosowaniu przyrządów klasycznych. Warto poświęcić temu zagadnieniu trochę miejsca. Dobrym przykładem będzie pomiar mocy, jaką pobiera z zasilania pewne urządzenie. Przed przystąpieniem do pracy należy zestawić odpowiedni układ pomiarowy. W jego skład wejdzie rezystor włączony w obwódzie zasilania pomiędzy zasilaczem a urządzeniem. Posłuży on do obliczenia natężenia prądu pobieranego z zasilacza (z prawa Ohma). Ze względu na to, że rezystor jest włączony szeregowo, konieczny będzie pomiar różnicy napięć, do czego zostaną wykorzystane oba kanały pomiarowe (rys. 6). Następną czynnością jest wprowadzenie formuły obliczeniowej określającej prąd płynący przez rezystor szeregowy. Przy uwzględnieniu wartości rezystora podanej na schemacie i przyjęciu, że prąd ma być wyrażony w miliamperach, będzie ona miała postać jak na rys. 7a. Teraz pozostaje już tylko obliczyć moc, która jak wiadomo, jest równa iloczynowi napięcia i prądu. Korzystamy z tego, że w kanale B jest mierzone potrzebne napięcie, natomiast natężenie prądu jest przepisane do kanału A. Moc wyliczamy w watach, stąd w formule pojawiła się liczba 1000. Pozostaje jeszcze



Rys. 6. Układ do pomiaru mocy zasilania



Rys. 7. a) Wprowadzanie formuły obliczeniowej w oknie Equation Builder, b) wprowadzanie opisu wykresu



Rys. 8. Oscylogram poboru mocy w chwili włączania badanego układu

tylko wprowadzenie odpowiednich opisów wykresu (rys. 7b) i miernik mocy jest gotowy. Przykładowy oscylogram poboru mocy przez badane urządzenie zdjęty w chwili załączania zasilania przedstawiono na rys. 8. Trzeba jednak zaznaczyć, że w podobny sposób mogą być wykonywane dużo bardziej skomplikowane obliczenia związane z bardzo złożonymi zjawiskami obserwowanymi przy użyciu oscyloskopu CS328A.

Dla kogo jest CS328A?

Oscyloskop Cleverscope CS328A trudno polecić elektronikom zajmującym się szybkimi układami cyfrowymi, chociaż i dla nich znalazłoby się zastosowanie tego przyrządu. Pasma analogowe 100 MHz (tak naprawdę w praktyce wykorzystywane tylko 50 MHz bez pętli opóźniającej) nie jest jak na dzisiejsze oczekiwania profesjonalnych elektroników wystarczające, ale przecież świat nie kończy się tylko na tym zawo-dzie. Elektroniczny sprzęt pomiarowy jest powszechnie stosowany również w innych dziedzinach nauki i przemysłu (fizyka, biologia, motoryzacja itp.). To właśnie w takich zastosowaniach CS328A okaże się przyrządem niezastąpionym, w wielu przypadkach nawet lepszym niż dobry oscyloskop cyfrowy. Możliwość oglądania przebiegów będących

wynikiem bardzo złożonych operacji matematycznych na sygnałach doprowadzonych do oscyloskopu jest cechą tego oscyloskopu, wyróżniającą go spośród wielu innych przyrządów. Doskonale rozwiązane narzędzia do analizy najdrobniejszych detali oscylogramów, możliwość obserwowania widma w dwóch kanałach jednocześnie w skalowanych oknach oraz wiele innych cech sprawiają,

że oscyloskop CS328A jest wyjątkowy i na pewno będzie bardzo pomocny w realizacji wielu programów badawczych, w których zachodzi konieczność obserwowania przebiegów elektrycznych i mierzenia ich parametrów. W trakcie testów przymknąłem nawet oko na denerwującą mnie zwykle w podobnych przyrządach obsługę oscyloskopu myszką – po prostu korzystałem ze skrótów klawiaturowych.

Przyrząd do testów udostępniła firma Egmont Instruments.

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