



Nie tylko oscylloskopy USB

Aparatura pomiarowa stanowi absolutny fundament pracy biura projektowego, serwisu elektroniki czy laboratorium branżowego, a możliwość zaufania wynikom prowadzonych pomiarów jest kluczowa dla każdego, kto poważnie traktuje parametry tworzonych lub testowanych urządzeń. W ofertach producentów wyposażenia pomiarowego ze wszystkich półek cenowych, począwszy od niedrogich urządzeń dla amatorów, a skończywszy na wysokiej klasy aparaturze do zastosowań laboratoryjnych i naukowo-badawczych, można spotkać modele przeznaczone wyłącznie do współpracy z komputerem, nieposiadające klasycznego interfejsu użytkownika wbudowanego na panelu czołowym. Czy warto inwestować w tego typu aparaturę i o czym należy pamiętać, wybierając konkretny model urządzenia?

Zdążyliśmy już przyzwyczaić się do klasycznej budowy oscylloskopów cyfrowych, wyposażonych w wyświetlacz (początkowo niewielki, o proporcjach 4:3, ostatnio zaś coraz częściej duży i w dodatku panoramiczny) oraz zestaw typowych kontrolerów w postaci pokręteł czy przycisków fizycznych. Większość producentów nadal wprowadza do oferty także urządzenia w formie przystawek do komputerów PC i laptopów. Co więcej, choć wielu elektronikom oscylloskopy USB słusznie kojarzyły się głównie z tanimi modelami o próbkowaniu na poziomie kilku...kilkudziesięciu Msa/s, dziś w sprzedaży dostępne są modele mogące śmiało konkurować z topowymi oscylloskopami stacjonarnymi, zaś w ślad za nimi idą inne rodzaje urządzeń laboratoryjnych, także wykorzystujące oprogramowanie komputerowe jako interfejs użytkownika. Zanim przejdziemy do przedstawienia wybranych produktów z oferty czołowych przedstawicieli rynku aparatury pomiarowej, podsumujemy najważniejsze cechy urządzeń pomiarowych USB.

Zalety i wady przystawek oscylloskopowych

- **(+) Kompaktowa forma i mobilność** – podstawową zaletą, jaką wymienia się w przypadku urządzeń pomiarowych w postaci przystawki USB, są niewielkie wymiary obudowy i znikoma

(w porównaniu z urządzeniami stacjonarnymi) masa. Dzięki temu aparatura USB doskonale nadaje się do zastosowań polowych, jako przyrządy przenośne współpracujące z laptopem. Kompaktowa forma tego typu sprzętów doskonale sprawdza się także w niewielkich pracowniach, w których postawienie kilku konwencjonalnych urządzeń odczuwalnie zmniejszyłoby ilość dostępnego miejsca;

- **(+) Bezpośredni zrzut danych do PC** – kolejną ważną zaletą przystawek oscylloskopowych i innych tego typu urządzeń jest łatwość magazynowania wyników pomiarów (np. zrzutów ekranu i logów pomiarowych) bezpośrednio na dysku twardym komputera, co stanowi znaczne ułatwienie w porównaniu do żmudnego przetrzymywania danych z przyrządu za pośrednictwem pamięci typu pendrive. Choć zaleta ta może wydawać się mało istotna w codziennych pomiarach prowadzonych na żywo, to dla osób magazynujących wyniki pomiarów do celów archiwizacji bądź dalszej obróbki numerycznej będzie ona często priorytetem;
- **(+) Atrakcyjna cena** – brak ekranu i kontrolerów interfejsu użytkownika znacząco redukuje koszty produkcji sprzętów, co w większości przypadków pozwala nabywcom zaoszczędzić spore środki finansowe – ma to znaczenie zwłaszcza w przypadku firm, które wyposażając pracownię pomiarową, muszą zainwestować w obszerniejszy zestaw aparatury. Choć ceny urządzeń pomiarowych na USB często nadal bywają wysokie, to zwykle zakup urządzenia stacjonarnego porównywalnego pod względem parametrów metrologicznych wiązałby się ze znacznie wyższym wydatkiem;
- **(+) Możliwość galwanicznego odłączenia od sieci energetycznej** – niektóre modele oscylloskopów w formie przystawek komputerowych są zasilane z portu USB. Daje to dodatkową możliwość, o której użytkownicy tych urządzeń często zapominają – podłączenie oscylloskopu do laptopa, mającego własne, wewnętrzne źródło zasilania (akumulator) i niepołączonego z siecią energetyczną oraz zewnętrznymi urządzeniami (np. monitorami) pozwala na prowadzenie pomiarów w całkowitym odcięciu od potencjałów sieci. Taki „pływający” system pomiarowy może doskonale ułatwić pracę, dając pewną swobodę w podłączaniu masy oscylloskopu do nietypowych punktów badanego układu;
- **(-) Wygoda obsługi** – chyba najistotniejszą wadą większości przyrządów obsługiwanych jedynie poprzez oprogramowanie

komputerowe jest pewna toporność, widoczna w działaniu wielu pakietów kontrolnych rozwijanych przez różnych producentów. Dla elektroników przyzwyczajonych do fizycznych pokręteł i przycisków (pozwalających na szybką oraz intuicyjną regulację podstawy czasu, wzmacnienia kanałów wejściowych itd.), przejście na kontrolki klikane na ekranie komputera stanowi zbyt dużą przeszkodę, znacznie utrudniającą sprawną obsługę takiego przyrządu. Co ciekawe, problem ten dotyczy w równym stopniu także stacjonarnej aparatury pomiarowej, sterowanej za pośrednictwem programu pracującego (zwykle) pod kontrolą systemu Windows bądź macOS. Zaskakujące jest to, że często nawet urządzenia wysokiej klasy zdradzają znaczne niedostatki pod względem użyteczności przeznaczonego dla nich oprogramowania;

- **(-) Ograniczona przepustowość** – konieczność przesyłania danych pomiarowych poprzez łącze USB zdecydowanie nie pomaga w uzyskaniu użytecznej prędkości odświeżania ekranu czy też w obsłudze dużych zestawów danych, płynących z wewnętrznej pamięci próbek (bufora) urządzenia. Dodatkowym ograniczeniem, praktycznie niezależnym od najlepszej nawet woli producentów aparatury, jest fakt, że większości systemów operacyjnych komputerów (np. Windows) daleko do miana systemów czasu rzeczywistego. Wielowątkowość i nieunikniony podział czasu procesora na obsługę procesów systemowych oraz wszelkich innych aplikacji uruchomionych w czasie działania aplikacji pomiarowej sprawiają, że od oprogramowania do obsługi urządzeń pomiarowych nie sposób wymagać pełnej responsywności, jakiej można spodziewać się po szybkich systemach wbudowanych stosowanych w urządzeniach mających własne, silnie zoptymalizowane HMI (human-machine interface). Z tego też względu producenci prześcigają się w implementacji customowych rozwiązań maksymalnie odciążających moc obliczeniową komputera i przepustowość łącza (USB 3.0 lub w tańszych modelach USB 2.0), co ma na celu optymalizację wydajności pomiarowej i przyspieszenie akwizycji dla bardziej wymagających aplikacji;
- **(-) Uzależnienie od dostępu do komputera** – kolejnym aspektem, który może przemawiać za odstąpieniem od zakupu przystawki oscyloskopowej na rzecz zintegrowanego skopometru lub niewielkiego oscyloskopu biurkowego, jest konieczność zapewnienia stałego dostępu do komputera, gdyż bez niego przyrząd sam w sobie nie dostarcza żadnych możliwości obsługi. Ma to znaczenie w przypadkach, gdy przyrząd ma służyć do prac wyjazdowych, a z jakichś względów konieczność przewożenia dodatkowego komputera przez serwisanta byłaby sporym utrudnieniem (np. pomiary w trudnych warunkach środowiska, które nie stanowią większego problemu dla niektórych modeli skopometrów, wykraczają zwykle poza zalecany zakres parametrów środowiska pracy większości przystawek USB);
- **(-) Ryzyko uszkodzenia komputera i łatwiejsze przenoszenie zakłóceń** – do wad urządzeń pomiarowych opartych na USB należy pewne ryzyko, które niesie podłączanie badanych układów (poprzez oscyloskop) do portu komputera. Najprostszym przykładem jest omyłkowe zwarcie masy sondy pomiarowej do napięcia zasilania. W pewnych przypadkach może to spowodować przepływ prądu wyrównawczego o dużej wartości, który stanowi zagrożenie dla obwodów komputera. Najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie komputera przenośnego odłączonego całkowicie od sieci energetycznej (jak opisaliśmy wcześniej) bądź zastosowanie oscyloskopu z wbudowanym izolatorem galwanicznym portu USB (lub systemem ochrony masy – więcej na ten temat w opisie produktów marki DreamSourceLab).



Fotografia 1. Oscyloskop z serii P924xA marki Keysight

Przegląd ofert producentów – oscyloskopy USB

W tej części artykułu przyjrzymy się propozycjom urządzeń z fabryki największych potentatów na rynku aparatury pomiarowej. Nie zabraknie także budżetowych oscyloskopów i innych urządzeń pomiarowych, przeznaczonych dla przedsiębiorstw i hobbystów o mniejszym zasobie gotówki.

Keysight

Firma Keysight, która przez wiele lat sprzedawała swoje produkty pod kultową marką Agilent, oferuje jedno z najszerzych portfolio w zakresie urządzeń opartych na szybkim interfejsie USB. Oscyloskopy z serii P924xA (fotografia 1) bazują na 1-gigahercowej technologii InfiniiVision, znanej z topowych modeli oscyloskopów stacjonarnych, które stanowią trzon ofertowy spadkobiercy pomiarowego działu Hewlett-Packard. Seria zawiera modele:

- P9241A – pasmo 200 MHz,
- P9242A – pasmo 500 MHz,
- P9243A – pasmo 1 GHz.

Urządzenia zostały skonstruowane w oparciu na opracowanym przez inżynierów firmy Keysight układzie ASIC typu MegaZoom IV, którego rdzeń zapewnia sprzętowe wsparcie dekodowania szeregowych interfejsów komunikacyjnych, obsługę masek sygnałowych, zaawansowanych trybów wyzwalania, czy wreszcie... wbudowanego generatora arbitralnego WaveGen o paśmie 20 MHz (rysunek 1). Producent nieprzypadkowo chwali się silną integracją funkcji pomiarowych na poziomie sprzętowym – taka architektura umożliwi bowiem efektywne odciążenie łącza USB 3.0 i procesora komputera nadrzędnego (jak również sterowników systemowych), dzięki czemu urządzenia z serii P924xA są w stanie obsługiwać częstotliwość akwizycji na poziomie aż miliona ramek na sekundę(!).

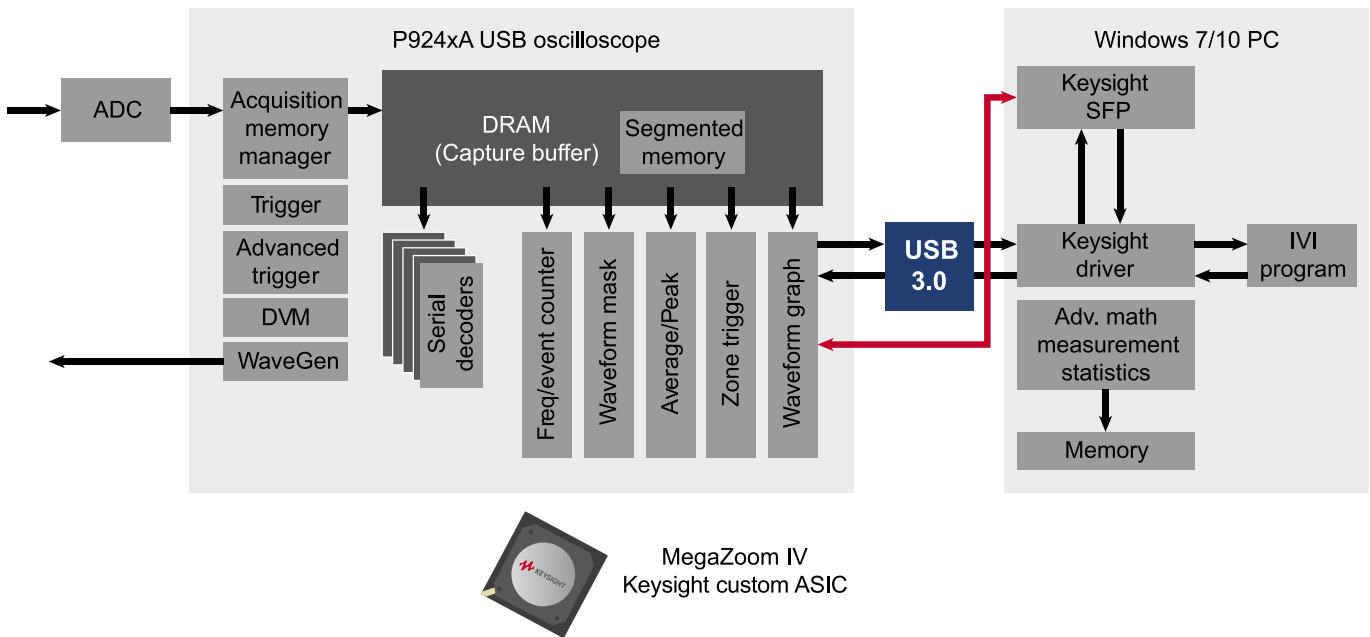
Opisywane oscyloskopy udostępniają prędkość próbkowania na poziomie 5 GSa/s (współdzieloną dla obydwu kanałów, zatem w trybie 2-kanałowym próbkowanie spada do 2,5 GSa/s, co ma zresztą miejsce w przeważającej większości klasycznych oscyloskopów cyfrowych). Wszystkie trzy modele z serii P924xA mają dwa kanały wejściowe o wybieranej impedancji (1 MΩ lub 50 Ω) i oferują pamięć próbek o sporej (choć wcale nie zawrotnej, jeśli spojrzeć na konkurencyjne oscyloskopy innych marek, np. Rigol) pojemności równej 4 Mpts.

Firma Keysight wprowadziła na rynek także modułowe oscyloskopy z serii U270xA: U2701A o paśmie 100 MHz i U2702A o paśmie 200 MHz (fotografia 2). Obydwa modele oferują dość standardową częstotliwość próbkowania (1 GSa/s, współdzielona pomiędzy obydwoma kanałami) i rozdzielczość przetworników ADC (8 bitów),



Fotografia 2. Oscyloskop modułowy z serii U270xA marki Keysight

OSCYSKOPY (I NIE TYLKO) USB



Rysunek 1. Schemat funkcjonalny systemu pomiarowego opartego na oscyloskopie z serii P924xA

przewyższają za to wiele konkurencyjnych oscyloskopów sporą pamięcią próbek, która (dla pojedynczego kanału) wynosi 16 Mpts w trybie normalnym i 32 Mpts w trybie Single-shot. Urządzenia mogą pracować jako niezależne jednostki pomiarowe, zapewniają ponadto pełną kompatybilność z bazą U2781A, stanowiącą chassis systemu akwizycji danych i wspierającą podłączenie nawet do 6 modułów rozszerzeń (fotografia 3). Seria urządzeń kompatybilnych z chassis jest zresztą dużo obszerniejsza i obejmuje, oprócz samych oscyloskopów, także wielokanałowe moduły akwizycji danych, oznaczone numerami katalogowymi U2531A, U2541A oraz U2542A, wielofunkcyjne moduły DAQ U235xA czy też macierze szybkich przełączników sygnałowych U2751A.

Rigol

Najnowsza propozycja firmy Rigol – seria DS8000-R, obejmuje trzy modele wysokiej klasy oscyloskopów modułowych, które... skutecznie wymykają się przedstawionemu wcześniej podziałowi na urządzenia pomiarowe ze zintegrowanym interfejsem HMI oraz urządzenia w formie przystawek. Rozwiązanie znanej chińskiej marki stoi dokładnie pośrodku, łącząc w sobie zalety obu tych typów przyrządów. Niskoprofilowa obudowa do montażu w szafach typu rack (fotografia 4) pozwala na zastosowanie w wielokanałowych systemach akwizycji danych (DAQ), zaś parametry sygnałowe zapewniają przepustowość nieustępującą dobrym oscyloskopom biurkowym.



Fotografia 4. Oscyloskop modułowy z serii Rigol DS8000-R

Najniższy model DS8034-R oferuje prędkość próbkowania równą 5 GSa/s, zaś dwie pozostałe wersje aż 10 GSa/s. Maksymalna szybkość odświeżania to ponad 600 tysięcy ramek/sekundę, a pamięć próbek ma potężną pojemność aż 500 Mpts(!).

Oscyloskop nie ma żadnych zewnętrznych elementów obsługowych poza przyciskiem zasilania, klawiszami Force i Run/Stop. Co zatem stawia go w środku ww. podziału? W rzeczywistości urządzenia z serii DS8000-R mają wbudowany komputer, pracujący pod kontrolą systemu Linux i udostępniający pełną funkcjonalność, umożliwiającą pracę w roli samodzielnego urządzenia pomiarowego (tj. bez zastosowania jakichkolwiek chassis). Wystarczy podłączyć zewnętrzny monitor oraz... mysz i klawiaturę (fotografia 5). Urządzenie może jednak z powodzeniem działać również jako przystawka do komputera PC,



Fotografia 3. Moduł chassis U2781A marki Keysight



Fotografia 5. Oscyloskop Rigol z serii DS8000-R jako samodzielne urządzenie pomiarowe (host)



Fotografia 6. Przykład zastosowania oscyloskopów Rigol z serii DS8000-R jako modułów wejściowych superszybkiego systemu akwizycji DAQ

choć w przypadku tak zaawansowanego urządzenia port USB device wydaje się zaledwie mało istotnym dodatkiem. Producent kusi najbardziej zaawansowanych odbiorców (w tym jednostki badawcze) możliwością rozbudowy systemu akwizycji danych do niewiarygodnej wprost liczby 512 kanałów (fotografia 6).

Pico Technology

Oscyloskopy z serii PicoScope można z powodzeniem traktować jako protoplastów rynku aparatury pomiarowej z portem USB. Dziś w portfolio marki znajdziemy aż sześć serii produktów, obejmujących zarówno podstawowe modele do ogólnych zastosowań, jak i specjalistyczne wersje o próbkowaniu w czasie ekwiwalentnym, którego częstotliwość jest określana już nie w giga-, lecz terahercach:

- **PicoScope 2000** – pasmo od 10 MHz do 100 MHz, 2 lub 4 kanały analogowe (opcjonalnie wersja MSO z 16 kanałami analizatora logicznego), próbkowanie do 1 GSa/s, pamięć wbudowana do 128 MSa (zależnie od modelu);
- **PicoScope 3000** – pasmo od 50 MHz do 200 MHz, 2 lub 4 kanały analogowe (opcjonalnie wersja MSO), próbkowanie 1 GSa/s, pamięć wbudowana do 512 Msa;
- **PicoScope 4000** – pasmo od 5 MHz do 20 MHz, 2, 4 lub 8 kanałów analogowych z rozdzielczością natywną 12 bitów, próbkowanie do 80 MSa/s, pamięć wbudowana do 256 Msa;
- **PicoScope 5000** – pasmo od 60 MHz do 200 MHz, 2 lub 4 kanały analogowe z rozdzielczością natywną od 8 do 16 bitów, opcja MSO z 16 kanałami cyfrowymi, próbkowanie do 1 GSa/s, pamięć wbudowana do 512 Msa;
- **PicoScope 6000** – pasmo od 300 MHz do 1 GHz, 4 lub 8 kanałów analogowych + 16 cyfrowych (opcja), próbkowanie 5 GSa/s, pamięć od 1 do 4 GSa, rozdzielczość ADC ustawiana na 8 lub 12 bitów (technologia FlexRes) (fotografia 7);



Fotografia 7. Oscyloskop PicoScope z serii 6000 z ośmioma kanałami analogowymi i opcją MSO



Fotografia 8. Oscyloskopy z serii PicoScope 9000

- **PicoScope 9000** – na tę serię składają się dwie podgrupy urządzeń, diametralnie różniące się parametrami i zakresem zastosowań:
 - Seria PicoScope 9300 zapewnia 16-bitową kwantyzację i próbkowanie w czasie rzeczywistym 1 MSa/s (ADC o rozdzielczości 16 bitów), ale za to tryb próbkowania sekwencyjnego dochodzi do częstotliwości efektywnej na poziomie nawet 15 TSA/s. Cała linia produktów obejmuje 9 modeli, z czego jeden (9321-20) ma wbudowany front-end fotoelektryczny, pozwalający na prowadzenie szybkich pomiarów bezpośrednio w dziedzinie optycznej (układ współpracuje z jedno- i wielomodowymi światłowodami, przesyłającymi sygnały w paśmie od 750 do 1650 nm, tj. we wszystkich trzech oknach transmisyjnych). Ponadto modele z serii 9311 (fotografia 8) mają wbudowane generatory impulsowe, służące do prowadzenia pomiarów reflektometrycznych (TDR/TDT);
 - Seria PicoScope 9400 zawiera cztery modele: 940x-05 – o paśmie 5 GHz (2 lub 4 kanały, próbkowanie w czasie ekwiwalentnym do 1 TSA/s) oraz 940x-16 (pasmo 16 GHz, 2 lub 4 kanały, próbkowanie w czasie ekwiwalentnym do 2,5 TSA/s). W urządzeniach zastosowano 12-bitowe przetworniki ADC o próbkowaniu 500 MSa/s, zaś do akwizycji sygnałów o szczególnie wysokiej częstotliwości (np. podczas pracy nad łączami Ethernet, HDMI czy PCI) mogą być wykorzystane specjalne sondy wysokoczęstotliwościowe (fotografia 9) z parzystymi pinami typu Pogo, umożliwiającymi bezstratne podłączenie masy sondy do masy badanego układu – rozwiązanie takie pozwala na zapewnienie integralności sygnałów niezbędnej

OSCYLOSKOPY (I NIE TYLKO) USB



Fotografia 9. Sonda do badania sygnałów RF z serii PicoConnect 900



Fotografia 10. Oscyloskop cyfrowy USB marki DreamSourceLab

do badania urządzeń pracujących w paśmie rzędu 5 GHz, nieosiągalnej w przypadku klasycznych sond pasywnych z przewodem masowym.

DreamSourceLab

Aktualnie w ofercie DreamSourceLab znajdują się trzy modele oscyloskopów USB (fotografia 10) o paśmie od 50 do 100 MHz i próbkowaniu od 200 MSa/s do 1 GSa/s. Rozmiar pamięci próbek wynosi od 20 kSa do 2 MSa (w czasie rzeczywistym) oraz od 32 kSa do 256 MSa w trybie pojedynczej akwizycji. Firma wprowadziła ciekawe rozwiązanie sprzętowe, pozwalające na automatyczne rozłączenie masy oscyloskopu i komputera po przypadkowym zwarciu masy sondy do szyny zasilającej (rysunek 2).

Velleman

Belgijska firma Velleman, znana głównie z produkcji zestawów do samodzielnego montażu i drukarek 3D z serii Vertex, wprowadziła na rynek 5 modeli oscyloskopów przystawkowych:

- PCSU200 – dwa kanały wejściowe do 12 MHz, pamięć próbek 4 kpts / kanał, dodatkowe wyjście generatora funkcyjnego do 1 MHz (sinus) lub 500 kHz (trójkąt/prostokąt);
- PCSU1000 – dwa kanały analogowe 60 MHz + wejście wyzwalania zewnętrznego, próbkowanie do 50 MSa/s (lub sekwencyjne do 1 GSa/s), funkcja analizy widma do 25 MHz (FFT);



Fotografia 11. Oscyloskop USB PCSGU250 marki Velleman

- PCSU02 – miniaturowa przystawka z wyprowadzonymi na stałe przewodami wejściowymi. Ma dwa kanały analogowe, pasmo do 500 kHz, próbkowanie do 2,5 Msa/s;
- PCSU01 – model zbliżony do PCSU02, jeden kanał wejściowy o paśmie 200 kHz;
- PCSGU250 – dwa kanały wejściowe do 12 MHz, próbkowanie do 25 MSa/s, wbudowany generator o próbkowaniu do 12,5 MHz (fotografia 11).

Multicomp

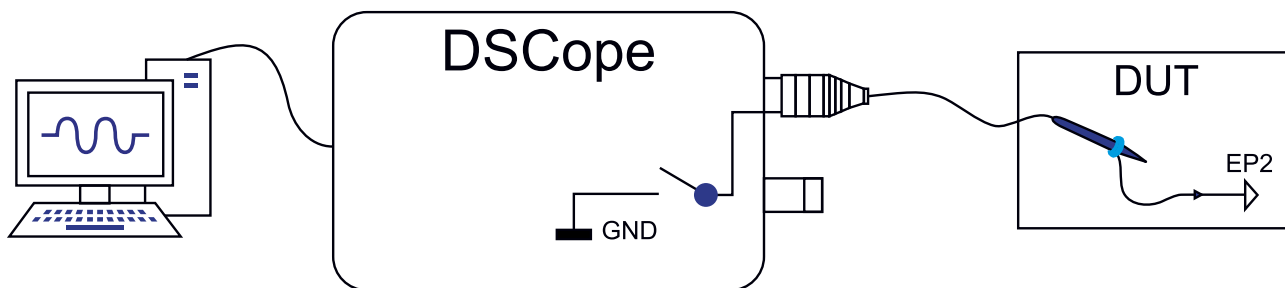
W ofercie firmy znajdują się cztery modele oscyloskopów USB (fotografia 12) o oznaczeniach:

- MP720016 EU-UK (2 kanały 25 MHz, do 40 Vpp, USB 2.0);
- MP720017 EU-UK (2 kanały 25 MHz, do 400 Vpp – izolowany interfejs USB 2.0);
- MP720018 EU-UK (2 kanały 60 MHz, do 40 Vpp, USB 2.0 + opcjonalny LAN);
- MP720019 EU-UK (2 kanały 100 MHz, do 40 Vpp), USB 2.0 + opcjonalny LAN).

Urządzenia oferują pamięć rekordu równą 5 kpts i próbkowanie 100 MSa/s (dwa najniższe modele) lub 10 Mpts i 1 GSa/s (kolejne wersje).

Owon

Marka Owon, także mająca swoją siedzibę w Chinach, zadebiutowała niezwykle tanimi oscyloskopami i innymi urządzeniami pomiarowymi, przeznaczonymi w rzeczywistości głównie do zastosowań amatorskich i dydaktycznych, a także podstawowych pomiarów



Rysunek 2. System ochrony masy, zastosowany w oscyloskopach DSCOpe



Fotografia 12. Oscyloskop USB marki Multicomp (opis w tekście)

komercyjnych. Szybko jednak rozwinęła swoją ofertę o bardziej zaawansowane przyrządy, począwszy od oscyloskopów z próbkowaniem dochodzącym do 5 GSa/s, a skończywszy na analizatorach widma z pasmem pomiarowym do 7,5 GHz. W zakresie oscyloskopów wirtualnych (bo tak określa swoje przystawki USB firma Owon) producent oferuje trzy serie: VDS6000 (oscyloskopy 2-kanalowe, 1 GSa/s, pamięć 10 Mpts, pasmo 100 MHz oraz 4-kanalowe z pasmem 70 lub 100 MHz), a także VDS (modele 2- i 4-kanalowe o paśmie od 25 MHz do 100 MHz i próbkowaniu 100 MSa/s do 1 GSa/s). Model VDS1022I, choć najniższy pod względem metrologicznym (25 MHz, 100 MSa/s, 2 kanały) oferuje wbudowaną izolację portu USB, co daje możliwość prowadzenia pomiarów „plywających” (choć w materiałach producenta trudno jest znaleźć informację o parametrach bariery izolacyjnej, należy zatem traktować ją raczej jako sposób na przecięcie potencjalnych pętli masy niż jako środek ochrony elektrycznej...).

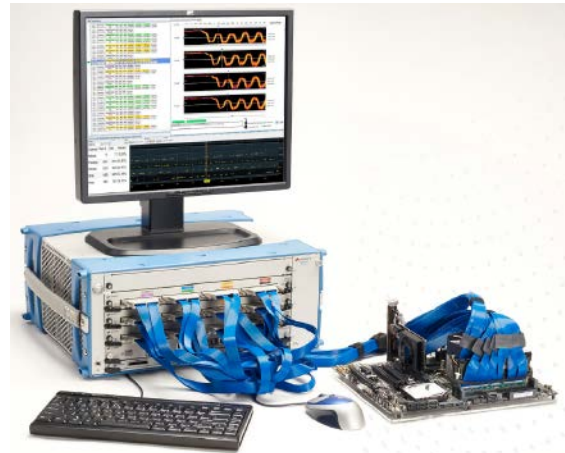
Hantek

Marka znana głównie z tanich oscyloskopów biurkowych i skopometrów, przeznaczonych głównie do zastosowań hobbystycznych, dydaktycznych i (zdaniem producenta) także do prowadzenia pomiarów w serwisach elektroniki samochodowej, wprowadziła na rynek cztery serie przystawek oscyloskopowych USB (pomijamy modele wycofane ze sprzedaży):

- **seria 1000** (aktualnie dostępny tylko jeden model 1008C) – 8 kanałów analogowych, ADC 12-bitowy, pamięć 4 kpts, próbkowanie 2,4 MSa/s;
- **seria 2000** – 2 kanały, pasmo od 40 do 100 MHz, próbkowanie 100...250 MSa/s;
- **seria 3000** – 2 lub 4 kanały, pasmo 60 MHz, próbkowanie 200 MSa/s, pamięć od 10 kpts do 16 Mpts;
- **seria 6000** – trzy modele 2-kanalowe o paśmie od 20 do 80 MHz, próbkowanie od 48 do 250 MSa/s.

Analizatory stanów logicznych

Przeglądając oferty producentów analizatorów stanów logicznych, można odnieść wrażenie, że dziś nikt nie korzysta już ze stacjonarnych urządzeń tego typu, których pierwsze modele pojawiły się na rynku aparatury pomiarowej kilkadziesiąt lat temu (niektórzy Czytelnicy być może pamiętają jeszcze „cacka” ówczesnej techniki, np. model Philips PM 3655 czy znacznie nowszy HP1670G). I choć nadal można spotkać w sprzedaży nowe analizatory wysokiej klasy, przeznaczone do najbardziej wymagających aplikacji (np. Keysight 16800), to zdecydowana większość rynku tych urządzeń podzielona została na dwie grupy: analizatory wbudowane w oscyloskopy MSO (stąd ich nazwa – mixed-signal oscilloscope) oraz wielokanałowe przystawki komputerowe. Do tej drugiej grupy należą zarówno proste, niedrogo urządzenia zapewniające możliwość badania systemów



Fotografia 13. Rozbudowany system analizy sygnałów logicznych, oparty na modułach Keysight U4164A

cyfrowych w liczbie do 8 kanałów jednocześnie, jak i znacznie bardziej rozbudowane modele o 16 i więcej kanałach cyfrowych, nie rzadko także wspieranych przez dodatkowe kanały analogowe. Takie rozwiązanie jest szczególnie cenne w badaniach urządzeń o sygnałach mieszanych, wyposażonych w przetworniki A/C i C/A, zaś obecność kanałów analogowych umożliwia traktowanie przystawek jako... miniaturowych oscyloskopów MSO (choć zwykle pasmo i częstotliwości próbkowania oraz zakres napięciowy kanałów wejściowych są silnie ograniczone względem parametrów oferowanych przez nawet najtańsze modele oscyloskopów biurkowych).

Wisienką na torcie będzie tu z pewnością system modułowy U4164A marki Keysight (fotografia 13), który może współpracować zarówno z zewnętrznym komputerem, jak i dedykowanym kontrolerem AXIe M9537A. Urządzenie umożliwia badanie sygnałów o przepływności 4 GB/s w 68 kanałach (tryb statyczny) oraz synchroniczną analizę danych (timing mode) do 10 GHz. System jest przeznaczony głównie do najbardziej wymagających aplikacji, np. bezpośredniego debugowania ruchu na szynach szybkich pamięci DDR4, DDR5, LPDDR4 i LPDDR5.

Większość obecnych na rynku analizatorów logicznych na USB ma jednak znacznie niższe parametry, a i tak stanowi nieocenioną pomoc dla projektantów oraz programistów systemów wbudowanych. Nawet najtańsze analizatory umożliwiają akwizycję i dekodowanie najpopularniejszych protokołów szeregowych, w tym rzecz jasna SPI, I²C, U(S) ART, a nawet 1-Wire, CAN, QSPI czy (w niektórych modelach nieco wyższej klasy) – nawet wolniejszych wersji interfejsu USB. Warto wymienić kilka najpopularniejszych modeli tego typu analizatorów.

Saleae

Marka obecna na rynku od wielu lat zasłynęła przede wszystkim dzięki doskonale dopracowanemu oprogramowaniu do analizy stanów logicznych i protokołów komunikacyjnych, co ważne – dostępnemu



Fotografia 14. Analizator stanów logicznych Saleae Logic 8 Pro



Fotografia 15. Analizator stanów logicznych i protokołów Zeroplus LAP-C Pro(32256M)

nie tylko na systemy Windows, ale także Mac OSX i Linux. Firma oferuje trzy modele:

- **Logic 8** – 8 kanałów wejściowych (cyfrowych lub analogowych), próbkowanie cyfrowe do 100 MSa/s i analogowe do 10 MSa/s; interfejs USB 2.0 (fotografia 14);
- **Logic Pro 8** – 8 kanałów wejściowych, próbkowanie cyfrowe do 500 MSa/s i analogowe do 50 MSa/s; interfejs USB 3.0;
- **Logic Pro 16** – 16 kanałów wejściowych, próbkowanie cyfrowe do 500 MSa/s i analogowe do 50 MSa/s; interfejs USB 3.0.

Zeroplus

Omawiając analizatory stanów logicznych, nie sposób pominąć także obszernej oferty firmy Zeroplus. Marka opracowała aż trzy linie produktowe, zapewniające zróżnicowane parametry pomiarowe i bogaty przekrój funkcji dekodowania protokołów komunikacyjnych:

- **Seria LAP-F1** – zawiera dwa modele z końcówką -40 oraz -64, różniące się liczbą kanałów (odpowiadającą oznaczeniu modelu). Obydwa produkty oferują próbkowanie 200 MSa/s (tryb State) lub 1 GSa/s (tryb Timing) i pamięć próbek równą 4, 64, 256 lub 512 Mpts;
- **Serial LAP-C Pro** – zawiera cztery modele o próbkowaniu 250 MHz lub 1...2 GHz (zależnie od trybu pracy) i pamięci na kanał równej 64, 128 lub nawet 256 Mpts (model LAP-C Pro 32256M) (fotografia 15);
- **Seria LAP-C** – obejmuje modele o próbkowaniu do 200 MSa/s i liczbie kanałów od 16 do 32. Rozmiar pamięci dostępnej dla pojedynczego kanału waha się od 32 kpts do nawet 2 Mpts.
- Dodatkowo firma Zeroplus wprowadziła 8-kanałowy model **LAP-Educator** o próbkowaniu do 100 MHz i pamięci na kanał równej 32 kpts.

DreamSourceLab

Firma wprowadziła na rynek trzy modele analizatorów stanów logicznych (fotografia 16):

- **DSLogic Plus** – 16 kanałów, próbkowanie 400 MSa/S, pamięć 16 GSa (w trybie strumieniowym) lub 256 Msa (w trybie buforowania);
- **DSLogic U3Pro16** – 16 kanałów, próbkowanie 1 GSa/S, pamięć 16 GSa (w trybie strumieniowym) lub 2 GSa (w trybie buforowania);
- **DSLogic U3Pro32** – 32 kanały, próbkowanie 1 GSa/S, pamięć 16 GSa (w trybie strumieniowym) lub 2 GSa (w trybie buforowania).



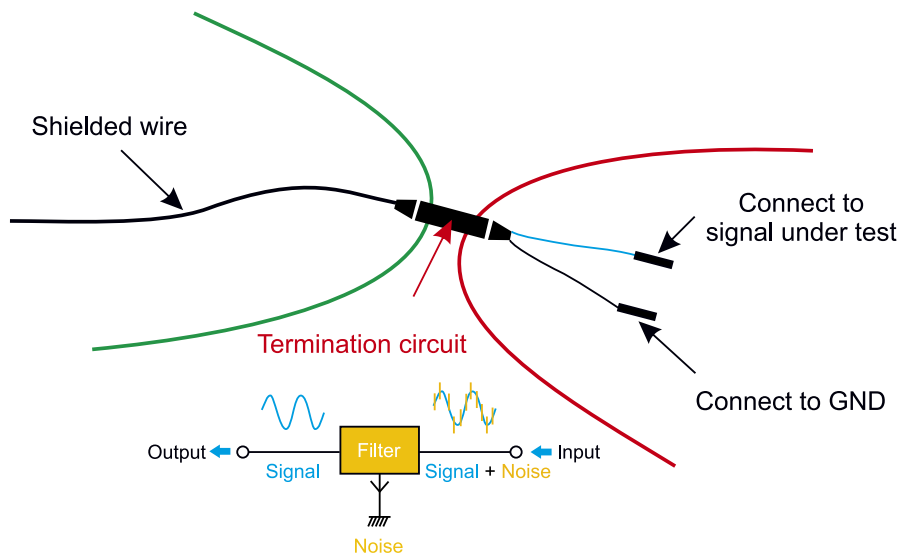
Fotografia 16. Analizator logiczny DSLogic

Interesującym rozwiązaniem jest zastosowanie przewodów koncentrycznych z filtrami przelotowymi (rysunek 3) – dzięki temu już na najwcześniejszym etapie akwizycji urządzenie dba o integralność sygnałową, minimalizując niepożądane odbicia i redukując szumy wysokoczęstotliwościowe.

Digilent

Marka Digilent w kooperacji z firmami Analog Devices i Xilinx wprowadziła na rynek interesujące rozwiązanie, przeznaczone przede wszystkim (choć nie tylko) do celów akademickich. Analog Discovery 2 (fotografia 17) to niewielki kombajn pomiarowy, zapewniający funkcjonalność:

- 2-kanałowego oscyloskopu 14-bitowego z wejściami różnicowymi, oferującego próbkowanie 100 MSa/s i pasmo do 30 MHz,
- dwukanałowego generatora arbitralnego (± 5 V, 14 bitów, 100 MSa/s, 12 MHz),
- 16-kanałowego analizatora logicznego (1,8/3,3/5 V, 100 MSa/s),
- 16-kanałowego generatora sekwencji cyfrowych (3,3 V, 100 MSa/s),
- 16-kanałowego kontrolera GPIO,
- dwukanałowego woltomierza,
- analizatora sieci z funkcjami wyznaczania charakterystyk Bodego, Nyquista, Nicholasa w paśmie od 1 Hz do 10 MHz,
- analizatora widma,
- urządzenia do akwizycji danych (DAQ),
- analizatora impedancji elementów LC,
- analizatora protokołów SPI, I²C, CAN, UART, AVR,



Rysunek 3. Konstrukcja przewodów wejściowych analizatora DSLogic



Fotografia 17. Moduł Analog Discovery 2

- dwukanałowego zasilacza regulowanego o napięciach wyjściowych ± 5 V,
- wzmacniacza audio.

Moduł wspiera matlabowy pakiet Data Acquisition Toolbox, środowisko LabView oraz SDK dla języków Python i C++, co daje

wprost nieograniczone możliwości eksperymentowania w pracowniach studenckich, niewielkich prototypowniach czy też młodych firmach (startupach), opracowujących projekty z zakresu systemów wbudowanych.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule reprezentatywne przykłady przystawek oscyloskopowych i analizatorów stanów logicznych doskonale obrazują, jak bogaty jest obecnie rynek urządzeń pomiarowych niewyposażonych w klasyczny interfejs użytkownika. Okazuje się, że aparatura bazująca wyłącznie na oprogramowaniu komputerowym może – pod pewnymi warunkami – skutecznie zastąpić lub przynajmniej uzupełnić konwencjonalną bazę sprzętową pracowni pomiarowej. Należy jednak pamiętać o istotnych ograniczeniach i zasadach pracy, pozwalających na bezpieczne użytkowanie, bez stwarzania ryzyka porażenia elektrycznego bądź uszkodzenia komputera i/lub samego urządzenia pomiarowego.

Celowo pominięliśmy również obszerne segmenty rynku obejmujące analizatory widma, analizatory sieci (VNA), a także inne rodzaje przyrządów pomiarowych na USB (generatory arbitralne, mostki RLC, analizatory impedancji itp.) – bowiem nawet skrótowy opis najważniejszych urządzeń tego typu daleko wykracza poza ramy pojedynczego artykułu.

inż. Przemysław Musz
przemyslaw.musz@ep.com.pl

REKLAMA

m.tydy m.technik

Ciekawi świata są zawsze młodzi

w prezencie na każdą okazję



<http://bit.ly/2DKgsBJ>

przejrysz i kupisz na
www.ulubionykiosk.pl

