

OCTOPUS

= wielokanałowa karta przetworników analogowo-cyfrowych



Octopusy to rodzina kart digitizerów do superprofesjonalnych zastosowań.

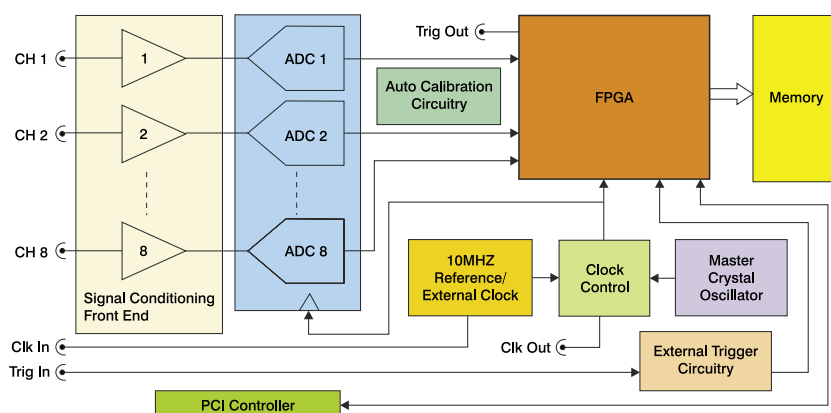
Większość Czytelników prawdopodobnie nigdy nie będzie miała okazji wykorzystywać ich w praktyce, nie mniej jednak warto poświęcić kilka minut na poznanie ich możliwościami i niektórych parametrów technicznych.

Na łamach EP stosunkowo często pojawiają się recenzje oscyloskopów cyfrowych oferowanych zarówno w wersji autonomicznej, jak i w postaci przystawek do komputera. Przrzędy te nie wyczerpują jednak wszystkich dostępnych na rynku urządzeń służących do wykonywania pomiarów cyfrowych. W specyficznych zastosowaniach użytkownicy sięgają po specjalizowane karty przetworników analogowo-cyfrowych (digitizerów). Karty takie łączą w sobie cechy oscyloskopów stacjonarnych (duże pasmo pomiarowe i szybkość próbkowania, zaawansowane tryby wyzwalań, duża pamięć próbek, możliwość wykorzystywania wielu kanałów itp.) z cechami przystawek (łatwość prowadzenia komputerowej analizy danych, wygodny i prosty w obsłudze graficzny interfejs użytkownika). Dodatkowo umożliwiają łatwą skalowalność, modułowość i indywidualizację rozwiązań.

Jedną z wiodących firm światowych produkujących bardzo zaawansowane technicznie digitizery jest kanadyjska GaGe Applied Technologies. Jej karty wielokanałowych przetworników analogowo-cyfrowych należą niewątpliwie do światowej czołówki wyrobów tego typu. Przykładem mogą być digitizery rodziny Octopus CompuScope 82xx i 83xx. Karta tego typu jest wykonana jako kanapka składająca się z dwóch płytek, ale zajmuje tylko jeden slot PCI w komputerze. Już po pierwszej ocenie wzrokowej można dojść do wniosku, że do jej opraco-

wania były użyte najnowocześniejsze metody projektowania. O jakości urządzenia tego typu decydują najdrobniejsze szczegóły konstrukcyjne, poczynając od przyjętych rozwiązań układowych, poprzez dobór odpowiednich podzespołów (płytki są wykonane w technologii SMD z elementami w obudowach m.in. BGA), kończąc na optymalnym rozłożeniu skomplikowanych połączeń na płytce. Ma to szczególnie istotny wpływ na jakość uzyskiwanych pomiarów. Pamiętajmy, że na karcie występują zarówno niewielkie sygnały analogowe bardzo podatne na wszelkie zakłócenia, jak i szybkie sygnały cyfrowe, które dość obficie mogą takie zakłócenia „produkować”. Z uwagi na znaczne rozmiary karty nie obojętne stają się czasy propagacji sygnałów pomiędzy poszczególnymi punktami płytki. Aby zminimalizować ujemne tego skutki, np. różne chwile ustawiania linii adresowych na multiplexerach

mogące powodować ich błędne przełączanie, odbicia sygnałów dla których ścieżki mogą być traktowane jako linie długie itp., konieczne są specjalne zabiegi podejmowane podczas projektowania PCB. W takich przypadkach znaczenia nabiera odpowiednie rozprowadzanie zasilania, ułożenie powierzchni masy, terminowanie ścieżek z szybkimi sygnałami cyfrowymi. Na płytce widoczne są liczne elementy indukcyjne wykonane w postaci odpowiednio ukształtowanych ścieżek, które służą do optymalizacji parametrów elektrycznych poszczególnych połączeń. Trudno nam tu będzie dokładnie omawiać rozwiązania schematowe poszczególnych bloków karty, te są oczywiście dokładnie chronione. Przedstawiamy jedynie uproszczony schemat blokowy (rys. 1). O złożoności elektrycznej digitizera może natomiast świadczyć stopień upakowania elementów na płytce (fot. 2).

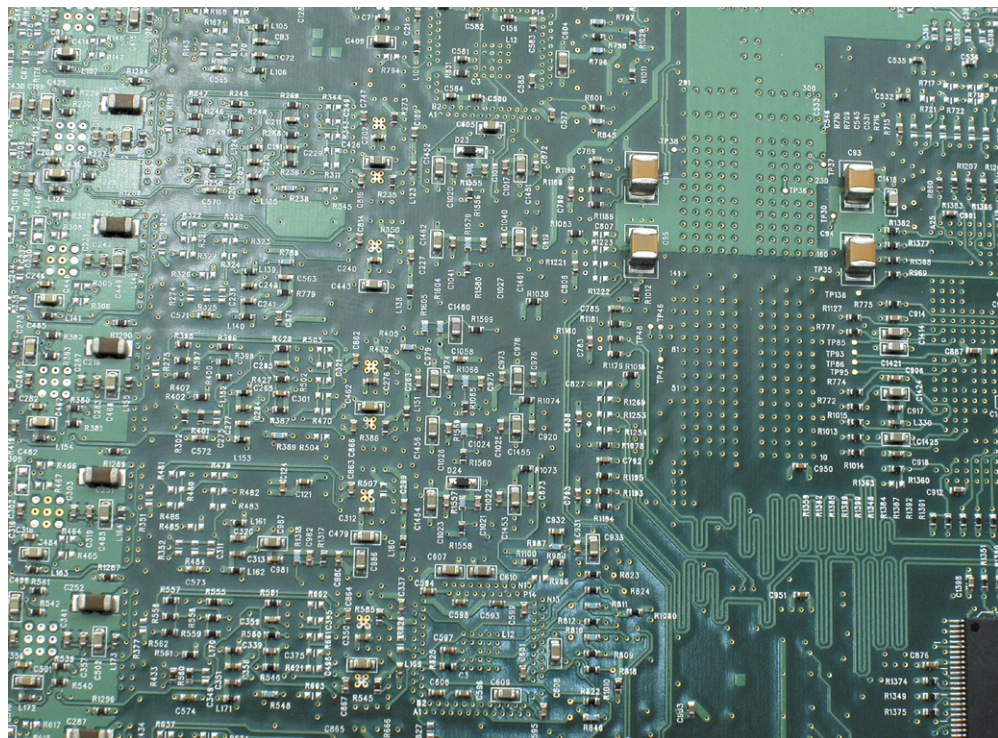


Rys. 1. Uproszczony schemat blokowy karty Octopus

Charakterystyka digitizerów Octopus

Jak już wiemy Octopus to rodzina kart wielokanałowych przetworników analogowo-cyfrowych. Możliwe jest prowadzenie pomiarów z szybkością próbkowania do 125 MS/s w 2, 4 lub 8 kanałach jednocześnie. W systemie pomiarowym pojemność pamięci dostępnej do celów akwizycji danych może dochodzić do 4 GB (sic!). Na jednej karcie można zachować od 128 MS do 2 GS. Jeszcze większą pamięć można uzyskać poprzez kaskadowe połączenie kilku kart, co jest rozwiązaniem niewykonalnym w przypadku wykorzystywania do pomiarów klasycznych, cyfrowych oscyloskopów stacjonarnych. Karty są wykonywane w wersji 12- lub 14-bitowej. Efektywna rozdzielczość karty 12-bitowej (ENOB) jest równa 10.0 bitów. Parametr ten, jak wiemy, charakteryzuje rzeczywiste możliwości karty, gdyż jest odpowiednikiem stosowanego w klasycznych układach analogowych odstępów sygnału od szumu. Pomiarowe pasmo analogowe karty jest według zapewnień producenta większe niż 100 MHz. Wszystkie karty pracujące na jednym stanowisku mogą być taktowane synchronicznie przez jeden przebieg zegarowy. Dostępny na płycie blok PLL umożliwia taktowanie karty zewnętrznym przebiegiem o częstotliwości zaledwie 10 MHz. Specjalny 44-bitowy licznik taktowany częstotliwością 66 MHz umożliwia umieszczanie znacznika czasowego w każdym rekordzie uzyskiwanym z bloku akwizycji danych. Jest to bardzo istotna cecha w przypadku prowadzenia pomiarów, w których rejestrowane są krótkie zdarzenia z nieregularnymi i długimi w stosunku do czasu trwania samego zdarzenia odstępami. Dzięki tym znacznikom możliwe jest odtworzenie danych zapisanych w pamięci z zachowaniem prawdziwej skali czasu, ale bez niepotrzebnego zapewnienia pamięci zbędnymi danymi. Budowa licznika zapewnia niepowtarzalność znaczników w okresie co najmniej 24 godzin.

Minimalne niekształcenia fazy oraz doskonała charakterystyka częstotliwościowa kart Octopus predestynują je do zastosowań, w których istotna jest synchronizacja międzykanałowa. Przykłady



Fot. 2. Fragment obwodu drukowanego karty Octopus świadczy o dużej złożoności elektrycznej digitizera

zostaną podane w dalszej części artykułu. Na karcie znajdują się 3-biegunowe filtry dolnoprzepustowe Bessela (po jednym na każdy kanał) pozwalające ograniczyć pasmo sygnału do 20 MHz. Użykuje się w ten sposób znaczącą poprawę parametrów szumowych, co może być istotne w niektórych zastosowaniach digitizera. Typ filtra nie jest przypadkowy. Charakterystyka Bessela pozwala uzyskać gładką odpowiedź filtra bez zafalowań sygnału w całym paśmie pomiarowym, a rząd filtra gwarantuje uzyskanie stromej charakterystyki częstotliwościowej. Filtry są włączane programowo.

Na płycie jest dostępny blok autokalibracji, która może być wykonywana automatycznie lub na życzenie użytkownika, zapewniając uzyskiwanie wyników pomiarów z założoną dla karty dokładnością zarówno dla wszystkich zakresów mierzonych sygnałów, jak i wszystkich dostępnych trybów pracy.

Na „śledziu” karty umieszczono gniazda wejść kanałowych, wejść i wyjść przebiegu zegarowego umożliwiających synchroniczne taktowanie wielu kart w jednym systemie pomiarowym oraz wejścia i wyjścia wyzwalania. Wszystkie powyższe gniazda są wykonane jako połączenia złącza SMB.

Obliczenia już na pokładzie

Zaletą pomiarów wykonywanych oscyloskopem cyfrowym jest to, że o mierzonym sygnale można się dowiedzieć znacznie więcej, niż tylko na podstawie obserwacji i pewnych technik pomiarowych stosowanych w przypadku sprzętu analogowego. W przystawkach oscyloskopowych do komputera i prostszych digitizerach, ciężar obliczeń jest często przerzucany na komputer, a co za tym idzie obliczenia te są wykonywane *off-line* dopiero po zgromadzeniu odpowiedniej ilości danych i przesłaniu ich do komputera. W pewnych zastosowaniach potrzebne są jednak pomiary prowadzone w czasie rzeczywistym, np. wtedy, gdy zachodzi podejrzenie, że niektóre partie danych zostaną pominięte w analizie z powodu przepełnienia bufora. Możliwość analizy *on-line* przewidziano dla karty Octopus. Opracowano dla niej trzy specjalizowane funkcje obliczeniowe, które są opcjonalnie, według potrzeb instalowane w układzie FPGA. Są to:

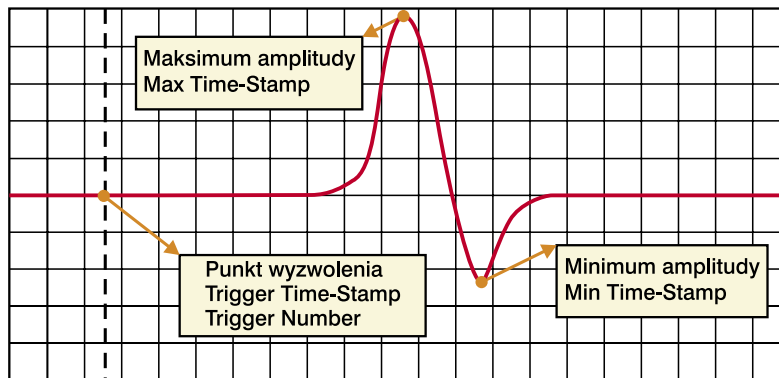
- **eXpert Peak Detection** – detekcja szczytowa. Moduł w czasie rzeczywistym analizuje dane z wejścia i każdorazowo po wykryciu maksimum lub minimum sygnału umieszcza specjalny znacznik czasowy (**rys. 3**). Do analizy danych jest wykorzystywany wewnętrzny bufor cykliczny.



- **eXpert FIR Filtering** – filtr FIR (o skończonej odpowiedzi impulsowej). Parametry filtru mogą być zmieniane w szerokim zakresie i w wygodny dla użytkownika sposób. Rodzaj zastosowanego filtru pozwala wybrać jego charakterystykę wybiegającą daleko od stosowanych typowo filtrów nisko- wysoko- i pasmowo przepustowych. Istotną w wielu pomiarach zaletą filtrów FIR są ich małe zniekształcenia fazowe.

- **eXpert Signal Averaging** – uśrednianie sygnału. Moduł pozwala skutecznie eliminować szumy w sygnałach okresowych. Za jego pomocą możliwa jest detekcja sygnału użytkowego, którego amplituda jest znacznie mniejsza od amplitudy szumów. Do uśredniania może być używanych 48000 próbek.

Każda z powyższych funkcji może być uruchomiona po załadowaniu odpowiedniego oprogramowania do układu FPGA umieszczanego fabrycznie na karcie Octopus. Czynność tę wykonuje sam użytkownik po wykupieniu unikatowego dla każdej karty klucza. Jest to więc opcjonalne rozszerzenie możliwości pomiarowych. Do układu FPGA może być zapisana tylko jedna funkcja. Jeśli zachodzi potrzeba skorzystania z innej funkcji, konieczne jest przeprogramowanie karty.



Rys. 3. Zasada działania modułu detekcji szczytowej

Oprogramowanie

Oprogramowanie dostarczane użytkownikowi wraz z kartą to „GaGeScope”. Pozwala ono korzystać z karty w sposób zbliżony do typowych przystawek oscyloskopowych do komputera (rys. 4). Można tu obserwować w czasie rzeczywistym badane przebiegi (odświeżanie ekranu odbywa się 30 razy na sekundę, jednorazowo można wyświetlić przebiegi z 60 kanałów, oscylogramy mogą być wyświetlane z regulowaną persystencją), odczytywać ich parametry podawane w postaci numerycznej, uruchamiać różne funkcje matematyczne, analizować charakterystykę widmową z użyciem funkcji FFT (do obliczeń można wykorzystywać nawet 4 miliony punktów) itp. Za pomocą odpowiednich klawiszy można zmieniać ustawienia konfiguracyjne karty (czułość, częstotliwość próbkowania, parametry wyzwalań). Przechwycone przez kartę dane mogą być zachowywane na dysku, drukowane i przekazywane do analizy przez inne programy. Software’owe wsparcie dla użytkownika stanowią: „Software Development Kits (SDKs) for C/C#, MATLAB and

LabVIEW” i „C/C# Software Development Kit” przeznaczony dla Visual Basic.NET i Lab- Windows/CSV.

Zastosowania

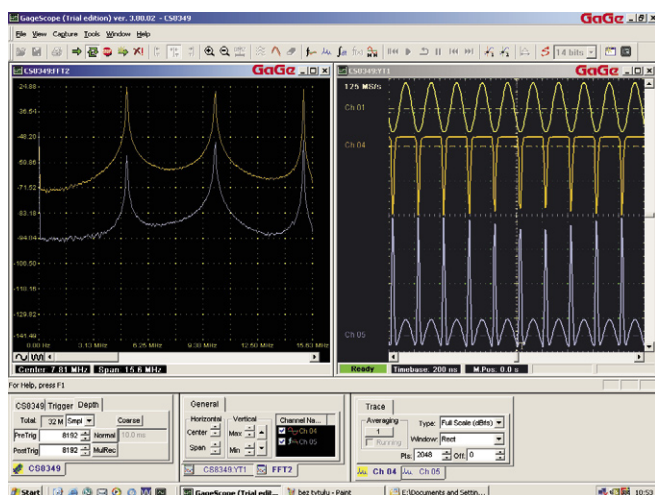
Z uwagi na swoje parametry, karty Octopus znajdują zastosowania w najbardziej zaawansowanych systemach pomiarowych. Przykładem może być badanie wyładowań atmosferycznych. Jak wiadomo są to

zjawiska trwające bardzo krótko i występują nieregularnie. Czasy przerw pomiędzy kolejnymi błyskawicami są wielokrotnie dłuższe niż samo zjawisko. Aby uzyskać maksimum informacji, digitizer musi pracować z bardzo dużą szybkością próbkowania, co w klasycznych układach wiąże się z bardzo szybkim zapelnianiem pamięci.

Przedstawione wyżej cechy digitizerów Octopus umożliwiają jednak zestawienie systemu pomiarowego nadającego się do takich badań. Innym przykładem może być badanie rozpadu cząsteczek radioaktywnych. I w tym przypadku mamy do czynienia z bardzo krótkim zjawiskiem, które może zachodzić z częstością od 0,02 do ponad tysiąca rozpadów na minutę. Losowy charakter zjawiska praktycznie eliminuje inne metody pomiarowe. Kolejne zastosowanie digitizerów firmy GaGe to pomiary wykorzystujące jądrowy rezonans magnetyczny (NMR – *Nuclear Magnetic Resonance*), częściej nazywany krótko rezonansem magnetycznym. Jest to technika dość powszechnie stosowana w medycynie i chemii. W tym przypadku wykorzystuje się możliwość zestawiania systemu pomiarowego składającego się z kilku hierarchicznie ustawionych kart (Master → Secondary I → Secondary II...). Sygnały sterujące Trigger i Clock są przekazywane z odpowiednich wyjść karty nadrzędnej na wejścia karty podrzędnej.

Digitizery firmy GaGe są również stosowane w badaniach ultrasonograficznych, radarowych, w laserowych przepływomierzach, doplerowskich, wysokościomierzach wykorzystujących podczerwień itp. W wielu przypadkach są praktycznie niezastąpione przez inne metody i przyrządy pomiarowe. Są to produkty z najwyższej półki, na które będą sobie mogli pozwolić użytkownicy o sporej wiedzy teoretycznej i nie mniejszej praktyce pomiarowej...

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



Rys. 4. Okno programu obsługi karty Octopus

Dodatkowe informacje

Dystrybutor jest Egmont Instruments, tel. 022-850-62-05, 022-850-64-30, fax: 022-654-02-48, e-mail: gage@egmont.com.pl, <http://www.egmont.com.pl/gage>