

# Otwarty system kontrolno-pomiarowy MicroDAQ

*MicroDAQ łączy w sobie właściwości karty kontrolno-pomiarowej z możliwościami przetwarzania w czasie rzeczywistym przy użyciu procesora DSP. Urządzenie może znaleźć zastosowanie w takich dziedzinach jak automatyka, robotyka, energoelektronika, telekomunikacja i miernictwo. Możliwości komunikacji przez Ethernet, USB, czy WIFI umożliwiają tworzenie nowych rozwiązań – rozproszonych lub bezprzewodowych systemów kontrolno-pomiarowych.*

W MicroDAQ zastosowano procesor firmy Texas Instruments OMAP-L137, który ma cztery niezależne rdzenie: procesor ogólnego przeznaczenia ARM9, zaawansowany procesor DSP i dwa 32-bitowe procesory PRU. Kombinacja procesora DSP i ARM oraz systemu Linux daje możliwości niespotykane w tradycyjnych systemach kontrolno – pomiarowych. Ładowanie aplikacji DSP za pomocą wygodnego interfejsu WWW czy ładowanie aplikacji DSP i kontrola jej parametrów przy użyciu środowiska LabView, to tylko niektóre możliwości systemu MicroDAQ.

Urządzenie jest wyposażone w wejścia i wyjścia analogowe. W zależności od opcji, może to być osiem 16-bitowych wejść analogowych  $\pm 10$  V o maksymalnej częstotliwości próbkowania 166 kSa/s lub 8...32 wejść 16-bitowych o częstotliwości próbkowania 500 kSa/s osiąganą równocześnie w obu kanałach. Użytkownik również ma do dyspozycji 8 wyjść analogowych 0...5 V. System jest wyposażony w wejścia i wyjścia DIO, PWM, wejścia enkoderowe do pomiarów prędkości obrotowej, jak również interfejsy szeregowo SPI, I<sup>2</sup>C, UART. Dodatkowo, użytkownik ma łatwy dostęp do złącza JTAG umożliwiającego programowanie oraz uruchamianie aplikacji.

Komunikacja z urządzeniem jest możliwa za pomocą USB, Ethernet lub Wi-Fi. W wypadku, gdy nie ma możliwości przesyłania danych do komputera PC, do akwizycji danych można użyć wewnętrznej pa-



mięć o pojemności 32 GB. Oprogramowanie MicroDAQ Mlink pozwala na zintegrowanie systemu z popularnym środowiskiem LabView, jak również z darmowym odpowiednikiem Matlaba - środowiskiem Scilab. Dzięki temu zastosowanie MicroDAQ nie musi wiązać się z zakupem kosztownego oprogramowania. W dalszej części artykułu przyjrzymy się dokładnie systemowi MicroDAQ oraz możliwościom użycia go do akwizycji danych i przetwarzania w czasie rzeczywistym. Główne parametry MicroDAQ umieszczono w **tabeli 1**.

## Procesor DSP

Czym różni się procesor DSP od ARM Cortex? Dlaczego do realizacji algorytmów wymagających intensywnych obliczeń wykorzystujemy procesory sygnałowe? Odpowiedzią na to pytanie są charakterystyczne cechy budowy procesora sygnałowego: równoległe mnożenie z akumulacją (MAC) wykonywane w jednym cyklu, wydajny zestaw instrukcji z 1-cyklowymi, równoległymi operacjami matematycznymi,

zaawansowane tryby adresowania, zoptymalizowane wykonywanie operacji w pętli oraz zaawansowane peryferia, takie jak kontrolery DMA i pamięć cache. To właśnie dzięki tym cechom procesor DSP jest bardziej efektywny do przetwarzania sygnałów od popularnego ARM Cortex i znajduje szerokie zastosowanie w urządzeniach przetwarzających sygnały cyfrowe.

MicroDAQ jest wyposażony w zaawansowany procesor DSP z rodziny C674x pracujący z częstotliwością taktowania wynoszącą 300 MHz. Procesor ma jednostki stało- i zmiennoprzecinkową. Jego architektura pozwala na wykonanie do 8 instrukcji MAC w jednym cyklu maszynowym, co daje maksymalnie 2400 milionów instrukcji mnożenia z akumulacją na sekundę! Dzięki szybkiej pamięci wewnętrznej działanie aplikacji DSP nie jest ograniczone relatywnie wolną pamięcią SDRAM. W wymagających aplikacjach, aby efektywnie wykorzystać możliwości procesora, producent udostępnia system operacyjny czasu rzeczywistego SYS/BIOS. Dzięki użyciu SYS/BIOS programista ma do

Tabela 1. Główne parametry MicroDAQ

Jednostki obliczeniowe	ARM926EJ-S (300 MHz), TMS320C674x (300 MHz), PRU0 (150 MHz), PRU1 (150 MHz)
Komunikacja	USB, Wi-Fi, Ethernet
Pamięć	64 MB RAM, do 32 GB pamięci masowej
Wejścia analogowe	8 kanałów, 12...16-bitowych, zakres $\pm 5... \pm 10$ V, 166 kSa/s
Wejścia analogowe (opcja)	8...32 kanałów, 12...16-bitowych, zakres $\pm 1... \pm 12$ V, maksymalna częstotliwość równoczesnego próbkowania na wszystkich kanałach: 500 kSa/s
Wyjścia analogowe	8 kanałów, zakres 0...5 V
We/Wy cyfrowe	JTAG, DIO, PWM, I <sup>2</sup> C, SPI, UART, 16-bitowa magistrala równoległa, liczniki enkoderowe
Obudowa	Aluminium, 53 mm×113 mm×133 mm
Zasilanie	Zasilacz 5 V DC, USB, bateryjne (opcja)
Gwarancja	24 miesiące



Rysunek 1. Procesory i ich zastosowanie

dyspozycji deterministyczne mechanizmy alokacji pamięci, przełączania kontekstu zadań czy obsługi przerwania. System umożliwia definiowanie priorytetów zadań, daje też użytkownikowi możliwość tworzenia zadań periodycznych.

Całość dopełnia zintegrowane środowisko Code Composer Studio, które integruje sprzętowy dostęp do procesora DSP za pomocą JTAG z możliwościami systemu operacyjnego SYS/BIOS. Ważną cechą środowiska jest opcja darmowej licencji. Aby móc nieodpłatnie korzystać ze Code Composer

Studio, jest konieczne korzystanie z emulatora JTAG klasy XDS100 (dostępny w ofercie Embedded Solutions). Wybierając opcje darmowej licencji programista ma nieograniczony dostęp do wszystkich funkcji Code Composer Studio i może rozpocząć pracę z procesorem DSP.

Aby umożliwić łatwy start z programowaniem MicroDAQ, producent dostarcza sterowniki do przetworników C/A i A/C oraz do innych peryferii procesora OMAP-L137. Na stronie producenta ([www.embedded-solutions.pl](http://www.embedded-solutions.pl)) znajduje się obszerna dokumentacja na temat MicroDAQ, przykładowe kody dla początkujących i bardziej zaawansowanych użytkowników.

### PRU – procesory do zadań specjalnych

Obok procesorów ARM9 i DSP, MicroDAQ ma dwa niezależne rdzenie 32-bitowe pracujące z częstotliwością taktowania 150 MHz. Procesory PRU, bo o nich mowa, mają dostęp do wszystkich układów peryferyjnych procesora OMAP-L137. Każdy z nich ma własną pamięć programu o pojemności 4 kB oraz 512 B pamięci RAM. Pamięć programu i danych PRU jest dostępna z przestrzeni adresowej ARM i DSP co oznacza, że system Linux lub aplikacja DSP może załadować program do procesora PRU i uru-

chomić go. Dodatkowo, procesory mają własny kontroler przerwania, dzięki czemu mogą generować przerwania do DSP i ARM, jak również odbierać przerwania od wszystkich układów peryferyjnych.

Procesor PRU (rysunek 2) jest programowany w assemblerze, ma blisko 40 instrukcji, z których wszystkie z pominięciem instrukcji dostępu do pamięci, są wykonywane w jednym cyklu maszynowym. Assembler PRU ma wiele udogodnień, takich jak makra czy struktury, których sposób deklarowania jest bardzo podobny do używanego w języku C. Dlatego też nauka programowania PRU nie wymaga dużo czasu. Procesor PRU może być użyty do programowej implementacji układów peryferyjnych np. 64 kanałów PWM. Parametry generatora PWM mogą być zmieniane przez ARM lub DSP dzięki dostępowi do pamięci danych PRU. Procesor może realizować kopowanie pamięci, precyzyjne odmierzenie czasu i wiele innych zadań z dokładnością do pojedynczego cyklu, czyli 6,6 ns!

### Problem przetwarzania w czasie rzeczywistym

Coraz częściej użytkownik spotyka się z problemami, w których warunkiem uzyskania poprawnych rezultatów jest przetwarzanie w czasie rzeczywistym. Za przykład może posłużyć aplikacja realizująca pewien

REKLAMA

# Embedded Solutions

Systemy wbudowane | *Embedded Linux* | Systemy kontrolno-pomiarowe | *Szkolenia*  
[www.embedded-solutions.pl](http://www.embedded-solutions.pl)

## Embedded Solutions MicroDAQ moduł rozwojowy z procesorem OMAP-L137

Główne cechy modułu:

OMAPL137 - DSP i ARM9 375 MHz  
 8 wejść analogowych, 12-16bit, +/-10V, 166ksps  
 8 wyjść analogowych 0-5V, 200ksps  
 64MB RAM, 8GB pamięci użytkownika  
 GPIO, PWM, ENC, UART, SPI, I2C, LCD, JTAG  
 USB2.0, Ethernet

Dostępny już dziś w ofercie

# CONTRANS TI

Contrans PRESTO - szybkie i łatwe zakupy online, [www.contrans.pl/presto](http://www.contrans.pl/presto)

CONTRANS TI Sp. z o.o. ul. Polanowicka 66, 51-180 Wrocław, tel.: +48 71 325-26-21



algorytm z częstotliwością 10 kHz. W jednym cyklu odczytuje 5 próbek z wejść analogowych, następnie dokonuje obliczeń na podstawie odczytanych danych i odpowiednio ustawia stan wyjść analogowych. Realizacja takiej aplikacji przy wykorzystaniu standardowych kart kontrolno – pomiarowych oraz systemu Windows będzie bardzo trudna z uwagi na brak możliwości zapewnienia stałego cyklu przetwarzania. Nieprawdą byłoby jednak stwierdzenie, iż nie da się tego zrobić przy użyciu Windows, bo przecież możemy zastosować karty FPGA i specjalizowane oprogramowanie, dzięki którym w łatwy sposób wygenerujemy aplikacje spełniającą wymagania. Jednak cena takiego rozwiązania, to dziesiątki tysięcy złotych!

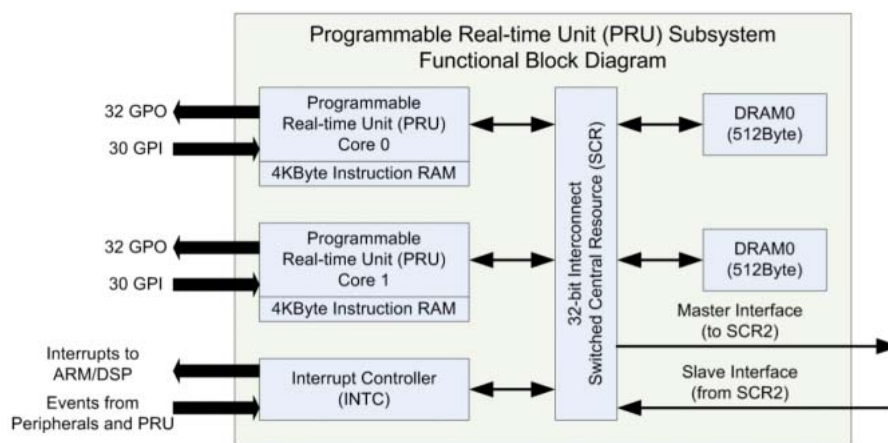
Nie każdego stać na drogi sprzęt i oprogramowanie. W wypadku algorytmów z cyklem do 200 kHz system MicroDAQ może stanowić alternatywę kosztownych rozwiązań. Daje on możliwość implementacji własnych algorytmów napisanych w C/C++ przy użyciu wygodnego, darmowego (przy użyciu JTAG XDS100) środowiska Code Composer Studio. Algorytm jest wykonywany przez procesor DSP, który dzięki możliwości przetwarzania równoległego, wielokrotnionym jednostkom mnożącym oraz wydajnym układom peryferyjnym ma duży zapas mocy obliczeniowej. Procesor DSP wyposażony w szybką pamięć wewnętrzną jest podstawą do tworzenia aplikacji, które realizują przetwarzanie w czasie rzeczywistym.

Dodatkowym usprawnieniem, które wprowadzono do MicroDAQ jest kontrola przetworników C/A i A/C za pomocą dodatkowej jednostki PRU. Procesor PRU wraz z kodem obsługi przetworników pełni rolę „kontrolera DMA”, dzięki czemu procesor DSP tylko zgłasza żądanie odczytu wejść analogowych określając parametry tj. kanał, wzmocnienie, ilość próbek, częstotliwość próbkowania oraz adres bufora aplikacji DSP, w którym rezultat odczytu wejść analogowych ma być umieszczony. Po zakończeniu odczytu wejść analogowych PRU generuje przerwanie do DSP sygnalizując gotowość danych do przetwarzania. Tym samym praktycznie 100% czasu procesora DSP jest przeznaczony na przetwarzanie algorytmu użytkownika.

### Oprogramowanie Mlink

Ważną częścią każdego systemu kontrolno-pomiarowego jest oprogramowanie, które tak naprawdę decyduje o użyteczności urządzenia. MicroDAQ wykorzystuje system Linux, dając użytkownikowi możliwość korzystania z bogactwa aplikacji przeznaczonych dla tego systemu. Stos TCP/IP, obsługa USB, aplikacje serwera WWW, FTP, SSH – to tylko niektóre możliwości do wykorzystania.

Oprogramowanie MicroDAQ to nie tylko standardowe aplikacje i serwisy systemu Linux. Specjalnie przygotowane oprogramo-



Rysunek 2. Schemat blokowy procesora PRU

wanie Mlink daje dodatkowe możliwości związane z akwizycją danych i użyciem procesora sygnałowego DSP. Oprogramowanie składa się z aplikacji działającej na urządzeniu MicroDAQ i pliku biblioteki mlink.dll, która może zostać zintegrowana z dowolnym oprogramowaniem użytkownika działającym na komputerze PC. Użytkownik wywołując poszczególne funkcje z biblioteki dll ma możliwość dostępu do zasobów sprzętowych MicroDAQ wykorzystując Ethernet, USB czy Wi-Fi. Urządzenie identyfikowane za pomocą adresu IP. Główne funkcje oprogramowania Mlink to obsługa wejść/wyjść analogowych i układów peryferyjnych, takich jak: UART, SPI, I<sup>2</sup>C, GPIO, PWM czy liczniki enkoderowe. Oprogramowanie umożliwia też ładowanie i kontrolę aplikacji DSP, dzięki czemu użytkownik może modyfikować zmienne aplikacji DSP podczas jej działania.

### Mlink w środowisku LabView

Przyjrzyjmy się przykładowi użycia biblioteki Mlink w środowisku LabView. Przykładowo użytkownik przygotował aplikację w języku C dla procesora DSP, której zadaniem jest odczyt wejść analogowych MicroDAQ. Aplikację przygotowano przy użyciu środowiska Code Composer Studio 5, przetestowano i stwierdzono, że spełnia założenia. Po uruchomieniu aplikacji na procesorze sygnałowym odczytywane są dane wejść analogowych. Wykorzystując funkcje oprogramowania Mlink użytkownik ma możliwość kontroli przygotowanej aplikacji za pomocą np. LabView. Podczas korzystania

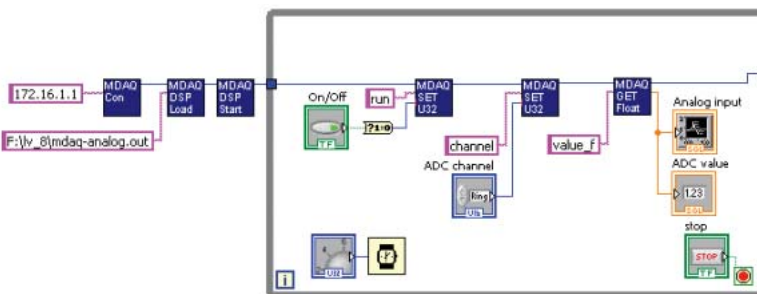
z LabView wirtualne instrumenty reprezentują funkcje biblioteki mlink.dll. Przykładowo, aby ustawić połączenie z MicroDAQ jest konieczne wywołanie funkcji mdaq\_connect() z biblioteki mlink.dll.

Schemat aplikacji LabView używającej biblioteki Mlink pokazano na **rysunku 3**. Przedstawiony schemat blokowy LabView realizuje ładowanie, uruchomienie i kontrolę zmiennych przygotowanej aplikacji DSP. W pętli za pomocą MDAQ SET U32 jest realizowany dostęp do zmiennych aplikacji DSP o nazwie run i channel (numer wejścia analogowego). W aplikacji DSP zmienna value\_f przechowuje wartość odczytanego napięcia. Aby ją odczytać wystarczy użyć wirtualnego instrumentu MDAQ GET Float. W przedstawionym przykładzie użytkownik kontroluje działanie aplikacji DSP, odczytuje i modyfikuje zmienne za pomocą wygodnych kontrolki LabView (**rysunek 4**).

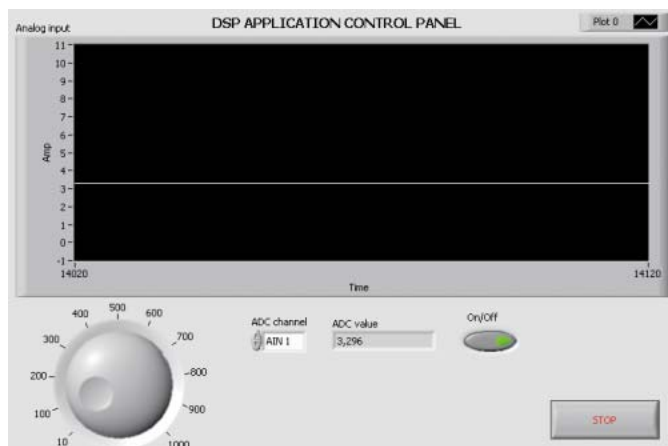
Nie sposób opisać wszystkich możliwości, które daje oprogramowanie Mlink w krótkim artykule, dlatego zachęcamy do zapoznania się z dokumentacją znajdującą się na stronie [www.embedded-solutions.pl](http://www.embedded-solutions.pl).

### Platforma edukacyjna

MicroDAQ to świetna platforma edukacyjna. Dzięki dostępnym interfejsom daje możliwość rozbudowy o elementy edukacyjne np. akcelerometry, termometry cyfrowe czy wyświetlacz LCD. Łączy w sobie trzy „poziomy programowania”, programowanie aplikacji dla systemu operacyjnego Linux, zdobywającego coraz większą popularność



Rysunek 3. Schemat aplikacji LabView wykorzystującej Mlink



Rysunek 4. Panel kontrolny LabView sterujący aplikacją DSP

w systemach wbudowanych. Dzięki zastosowaniu procesora DSP jest możliwe programowanie algorytmów pracujących w czasie rzeczywistym, a użycie PRU oraz programowanie niskopoziomowe pozwalają na programową implementację układów peryferyjnych. Oprogramowanie Mlink umożliwia łatwą integrację MicroDAQ z LabView.

Przy zakupie urządzeń MicroDAQ istnieje możliwość organizacji bezpłatnego szkolenia wprowadzającego, które umożliwi łatwy start z systemem MicroDAQ. Dodatkowo, na stronie [www.embedded-solutions.pl](http://www.embedded-solutions.pl) są dostępne materiały o zastosowaniach MicroDAQ, które mogą zostać użyte do przygotowania materiałów dydaktycznych.

### Podsumowanie

MicroDAQ łączy w sobie właściwości karty kontrolno – pomiarowej o możliwości przetwarzania w czasie rzeczywistym przy użyciu wbudowanego procesora DSP. Obszary, w których MicroDAQ może znaleźć zastosowanie to: automatyka, robotyka, energoelektronika, telekomunikacja, przetwarzanie sygnałów i pomiary. System może być alternatywą dla kosztownych urządzeń kontrolno – pomiarowych i świetną platformą edukacyjną. Dostępne są również systemy rozwojowe MicroDAQ firmy Embedded Solutions oferowane przez Contrans TI na stronie [www.contrans.pl/presto](http://www.contrans.pl/presto). Dzięki elastyczności MicroDAQ firma Embedded Solutions realizuje również dedykowane systemy kontrolno pomiarowe dopasowane do wymagań klienta. Zapraszamy do zapoznania się z ofertą Embedded Solutions.

Embedded Solutions  
[www.embedded-solutions.pl](http://www.embedded-solutions.pl)

REKLAMA

**Regulator temperatury AVT 1699**

- zakres regulacji temperatury: +10°C...+80°C
- obciążalność styków przekaźnika: 8A/230V
- zasilanie: 12 VDC

[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)

**ZAJRZYJ NA TE STRONY**

**GAMMA**  
info@gamma.pl [www.gamma.pl](http://www.gamma.pl)  
PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

**HUMA Co.** [www.humasklep.pl](http://www.humasklep.pl)

**RENEX**  
NARZĘDZIA DLA ELEKTRONIKÓW  
[www.renex.com.pl](http://www.renex.com.pl)

**Cyfronika** [www.cyfronika.com.pl](http://www.cyfronika.com.pl)  
elektronika dla wszystkich  
sklep internetowy  
wszystko dla elektroniki  
[www.cyfronika.com.pl](http://www.cyfronika.com.pl)

sklep. **FERYSTER**.pl  
info@feryster.pl

**WO BIT** [www.wobit.com.pl](http://www.wobit.com.pl)  
silniki.pl  
silniki.com  
enkodery.pl

**P** [www.piekarz.pl](http://www.piekarz.pl)  
Hurtownia części elektronicznych  
firma@piekarz.pl tel. 022-835-50-37 fax 022-213-92-82