

EtherCAT – to nie takie trudne

Ethernet jako sieć real-time



EtherCAT jest nowoczesnym protokołem sieciowym przeznaczonym przede wszystkim do stosowania w aplikacjach przemysłowych. Dzięki wykorzystaniu standardowych kart sieciowych i okablowania korzystanie z EtherCAT-a nie wymaga specjalnych inwestycji strukturalnych, najistotniejsze modyfikacje są ukryte w sprzęcie sieciowych urządzeń slave.



Urządzenia wykonawcze i interfejsy I/O (slave) pracujące w sieciach EtherCAT (**E**thernet for **C**ontrol **A**utomation **T**echnology) muszą być wyposażone w sprzętowe jednostki FMMU (*Fieldbus Memory Management Unit*), których zadaniem jest obsługa ruchu w sieci w sposób nie powodujący opóźnień charakterystycznych dla klasycznego Ethernetu. Innym, równie istotnym zadaniem realizowanym przez FMMU, jest uniezależnienie prędkości transferu danych poprzez sieć od wydajności lokalnego CPU lub sposobu przygotowania oprogramowania zarządzającego węzłem. Zaawansowane wymagania stawiane kontrolerowi EtherCAT spowodowały, że jego budowa jest skomplikowana, co przez długi czas było poważną

przeszkodą w popularyzacji tego protokołu w aplikacjach przemysłowych.

Przedstawione w artykule podzespoły i rozwiązania firmy Beckhoff rozwiązują większość problemów, jakie mogą napotkać konstruktorzy urządzeń EtherCAT w swojej praktyce, pozwalając uzyskać przy niewielkim nakładzie pracy i w krótkim czasie dobre efekty.

Zalety EtherCAT

Jednym z nowatorskich rozwiązań zastosowanych w protokole EtherCAT jest wprowadzenie ogólnosystemowych telegramów składających się z datagramów przypisanych do zadań logicznych, jak to pokazano na **rys. 1**. Zrezygnowano także z wielodo-

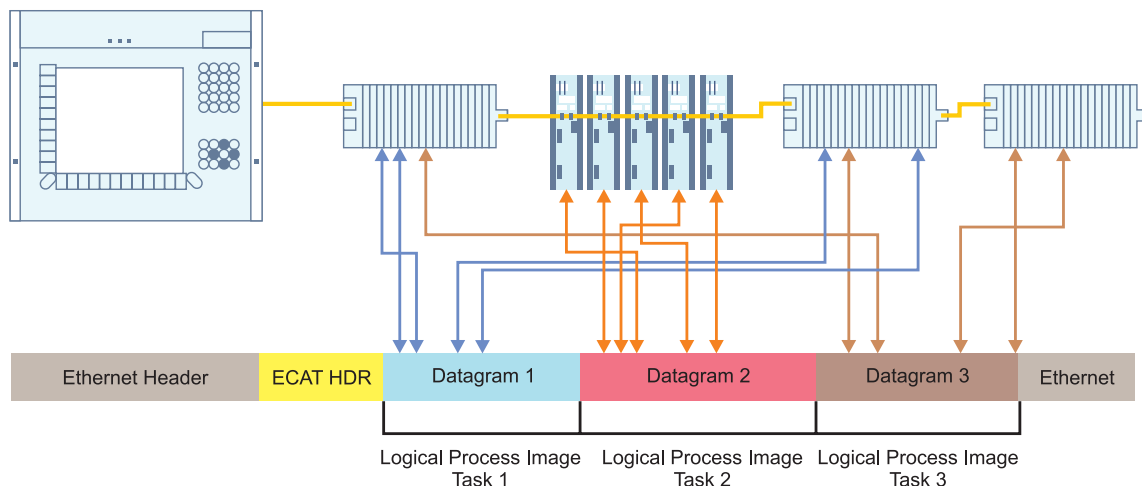
Dodatkowe informacje:

Artykuł jest uzupełnieniem przeglądu układów dla aplikacji ethernetowych, jaki publikowaliśmy w EP12/2009 i EP1/2010. Przedstawiamy w nim alternatywne układy MAC, pozwalające wykorzystać sieć Ethernet do połączeń real-time.

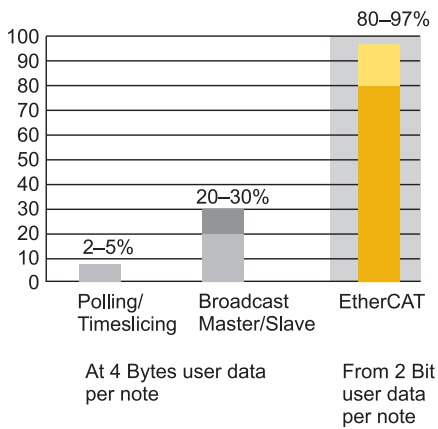
Dodatkowe informacje o EtherCAT są dostępne pod adresem <http://www.ethercat.org>

Dodatkowe materiały na CD i FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 12686, pass: 2b7r7b68
 • Noty aplikacyjne

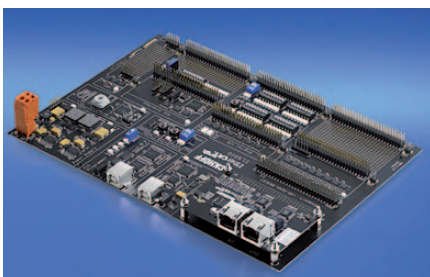
stępu obsługiwanego zgodnie z protokołem CSMA/CD, który jest jedną z podstawowych przeszkód uniemożliwiających stosowanie klasycznego Ethernetu w urządzeniach wymagających komunikacji w czasie rzeczywistym. Na **rys. 2** pokazano porównanie wy-



Rys. 1. Dane w EtherCAT są przesyłane w datagramach, które można logicznie przypisać do różnych zadań



Rys. 2. Współczynnik wykorzystania kanału transmisyjnego w Ethernetie (dwa pierwsze wykresy od lewej strony) i EtherCAT



Fot. 3. Wygląd jednego z zestawów EL98xx

korzystania przepustowości magistrali komunikacyjnej dla różnych protokołów (dwa pierwsze od lewej to Ethernet).

Wykorzystanie w systemach zgodnych z EtherCAT zmodyfikowanego protokołu nie wpłynęło na elastyczność ich konfiguracji: dopuszczalne są dowolne ich topologie, można także łączyć w jednym systemie sieciowym segmenty o różnych topologiach.

Rozwiązania zastosowane w protokole EtherCAT pozwalają m.in. obsłużyć 1000 linii I/O ulokowanych w rozproszonych modułach I/O w czasie nie przekraczającym 30 μs, a w pojedynczej ramce ethernetowej pozwalają przesłać do 1486 bajtów danych (co zabiera ok. 300 μs), co w przybliżeniu odpowiada 12000 cyfrowym liniom I/O. Efektownie wypada także możliwość obsługi kanałów analogowych: maksymalna częstotli-

Tab. 1. Interfejsy sieciowe zastosowane w zestawach uruchomieniowych EtherCAT firmy Beckhoff

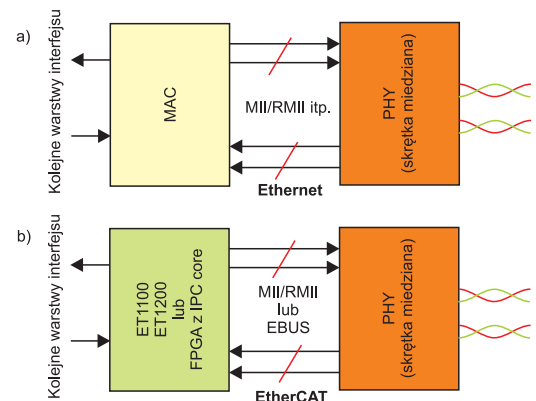
Oznaczenie zestawu	EL9820	EL9821	EL9830	EL9840
Kontroler EtherCAT Slave (MAC)	ET1100	ET1100	Altera FPGA (EP3C25) + IP core	Xilinx FPGA (XC3S1200) + IP core

wość przesyłania lub odbierania 16-bitowych próbek wynosi aż 20 kHz przy zapewnieniu jednocześnie obsługi do 200 wejść lub wyjść analogowych.

Kolejnym nowatorskim rozwiązaniem wprowadzonym w protokole EtherCAT jest system dystrybucji sygnału zegarowego od *mastera* do urządzeń *slave*, dzięki któremu jest możliwa m.in. synchronizacja – z dokładnością dochodzącą do 1 μs – pracy serwo mechanizmów lub innych urządzeń, które muszą pracować synchronicznie.

Zestawy inżynierskie

Z myślą o konstruktorach urządzeń *slave* przeznaczonych do stosowania w systemach EtherCAT firma Beckhoff przygotowała cztery zestawy uruchomieniowe (tab. 1, fot. 3), przeznaczone do testowania i uruchamiania przez konstruktorów urządzeń sieciowych własnych aplikacji sprzętowych i programowych. Rolę warstwy MAC (*Media Access Controller* – rys. 4) spełnia jeden z dwóch oferowanych przez firmę Beckhoff wyspecjalizowanych układów ASIC (oznaczone symbolem ET1100 – fot. 5) lub jego odpowiednik funkcjonalny zaimplementowany w układzie FPGA jednej z firm: Altera lub Xilinx. Konstruktorom korzystającym z FPGA firma Beckhoff dostarcza konfigurowalne IP core'y, dzięki którym mogą oni dostosować zasoby logiczne zastosowanego układu FPGA i jego typ do przewidywanej konfiguracji interfejsu sieciowego (ich możliwe zakresy pokazano w tab. 2). Obydwa rodzaje interfejsów sieciowych są przystosowane do współpracy ze standardowymi – przez to tanimi – układami PHY wyposażonymi ich w interfejs MII lub RMII. Taka konfiguracja interfejsu umożliwi w przyszłości



Rys. 4. Budowa standardowego interfejsu Ethernet (a) i EtherCAT (b)

– po zastosowaniu odpowiedniego układu PHY – zastąpienie skrętki miedzianej kablem światłowodowym lub torem radiowym.

Na płytach zestawów EL98xx znajdują się peryferia niezbędne do przetestowania funkcjonowania interfejsu EtherCAT z medium w postaci skrętki, selektor interfejsów komunikacyjnych oraz interfejs do konfigurowania układów FPGA. Płytki wyposażono także w mikrokontroler z rodziny PIC18F, przeznaczony do obsługi jednego z interfejsów komunikacyjnych. Jego przykładową aplikację firma udostępnia wraz z zestawami.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule wyspecjalizowane, scalone interfejsy sieciowe EtherCAT umożliwiają producentom szybkie zaimplementowanie tego protokołu we własnych urządzeniach. Unikają one dzięki temu konieczności samodzielnego opracowywania kontrolera MAC, który jest niewątpliwie najbardziej skomplikowanym fragmentem interfejsu sieciowego. Cykl projektowania i wdrażania urządzeń z EtherCAT do masowej produkcji znacznie skracają zestawy uruchomieniowe, dzięki którym konstruktorzy mogą sprawdzić własne rozwiązania i pomysły we współpracy ze standardowymi interfejsami sprzętowymi i ich wariantami syntezowanymi.

Andrzej Gawryluk



Rys. 5. Wygląd scalonych interfejsów EtherCAT firmy Beckhoff

Tab. 2. Zastosowanie podstawowych cech sprzętowych interfejsów sieciowych EtherCAT

Parametr	ET1200	ET1100	IP core
Liczba portów PHY	2...3 EBUS/MII	2...4 EBUS/MII	2...3 MII/2 RMII
Liczba FMMU	3	8	0...8
Liczba SyncManager	4	8	0...8
Pojemność bufora RAM [kB]	1	8	1...60
Zegary rozproszone	64 b	64 b	32/64 b
Liczba linii I/O	16	32	8...32
Interfejs SPI slave	+	+	+
8-/16-bitowy interfejs mC	–	Synchroniczny/asynchroniczny	Asynchroniczny
Magistrala wewnętrzna	–	–	Avalon/OPB