

Inteligentne interfejsy sieciowe: przegląd

Interfejsy Ethernet są coraz powszechniej stosowane w coraz mniejszych systemach mikroprocesorowych, jest prawdopodobne że w niedługim czasie całkowicie zastąpią wszelkie inne interfejsy komunikacyjne łącznie z rozwijającym skrzydła USB.

Konstruktorzy zamierzający stosować w swoich aplikacjach interfejsy Ethernet mają dość komfortowe życie, co jednak nie oznacza że całkowicie pozbawione problemów. Podstawowym problemem jest konieczność wybrania i nauczenia posługiwania się stosem realizującym obsługę protokołu wymiany danych, w niektórych przypadkach kłopotliwa może się okazać konieczność wymiany mikrokontrolera na „większy”, bowiem implementacja nawet oszczędnych wersji stosu TCP/IP wymaga sporych pojemności pamięci Flash i SRAM. Jak pokazuje praktyka, nie każdy programista znajdzie w sobie wystarczająco dużo energii, żeby podjąć „walkę” z tajnikami protokołów sieciowych, co w niektórych przypadkach może definitywnie uniemożliwić szybkie dołączenie własnego urządzenia do sieci. Jak sobie poradzić z tym problemem?

Inteligentne interfejsy sieciowe

Ponieważ problemy przedstawione we wstępie trapiły wiele firm, powstały opracowania minimalizujące typowe kłopoty konstruktorów, pozwalając im szybko i wygodnie dołączyć się do Ethernetu. Najpierw wprowadzono do sprzedaży interfejsy spełniające rolę dwukierunkowych konwerterów RS232/Ethernet, z czasem ich funkcjonalność zwiększono o możliwość wykorzystania zasobów sprzętowych i programowych interfejsów w aplikacjach użytkowników, co umożliwiło radykalne – w wielu przypadkach – uproszczenie budowy urządzeń, po-

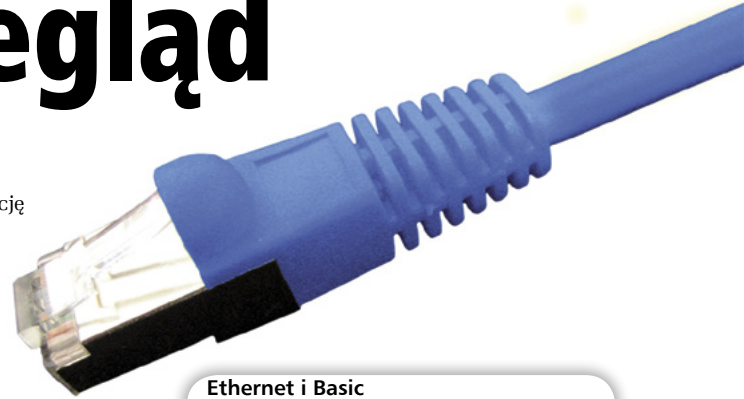
zwałałoby na rezygnację z konieczności stosowania dodatkowych mikrokontrolerów z niezbędnym otoczeniem.

Ethernetowe moduły *embedded* oferuje na świecie kilkunastu producentów (m.in. Moxa, SystemBase, Lantronix, Advantech, Proxim, Xecom), z czego w Polsce największą popularnością cieszą się rozwiązania oferowane przez firmy Digi oraz Tibbo. W artykule skupimy się na prezentacji rozwiązań tych właśnie producentów, których wyroby cieszą się w naszym kraju zdecydowanie największą popularnością.

Basic w Ethernetie: moduły firmy Tibbo

Tajwańska firma Tibbo swoją karierę rynkową zaczęła od produkcji konwerterów protokołów Ethernet na RS232, RS422 lub RS485. Pierwsze moduły oferowane przez Tibbo (EM100, EM120 i EM200) umożliwiały konwersję danych do/z jednego kanału szeregowego, a ich funkcjonalność określało przygotowane przez producenta oprogramowanie (*firmware*), co powodowało, że wykorzystanie dostępnych zasobów modułów w aplikacjach użytkowników było bardzo trudne, w niektórych przypadkach wręcz niemożliwe. Ponieważ moduły pierwszej generacji doskonale sprawdzały się do pracy w roli konwerterów protokołów, producent przygotował ich obudowane wersje (jak na przykład moduł DS100), wyposażone w niezbędne gniazda, układy zasilające itp.

Duże możliwości techniczne wyrobów firmy Tibbo - z jednej strony, i szybko rosnące wymagania użytkowników - z drugiej strony spowodowały, że producent szybko wdrożył do produkcji moduły w pełni pro-



Ethernet i Basic

Moduły produkowane przez firmę Tibbo mogą być programowane przez użytkownika w języku Basic. Narzędzia programowe (w tym TibboIDE) są dostępne bezpłatnie! Szczegóły: <http://tibbo.com/downloads.html>

gramowalne do tego elastyczne sprzętowo, dzięki czemu użytkownik nie tylko uzyskał dostęp do ich zasobów sprzętowych (jak linie I/O, interfejsy SPI, I²C, UART, pamięć nieulotna itp.), ale także może programowo definiować ich sposób działania. Co więcej, moduły ethernetowe nowej generacji (rodziny EM1000 - **fotografia 1** i EM500 - **fotografia 2**) mogą współpracować z sieciami WiFi (IEEE802.11b/g), co wymaga zastosowania modułu interfejsowego GA1000 (**fotografia 3**).

Chcąc maksymalnie ułatwić projektantom aplikacji pracę, firma Tibbo zdecydowała się na wykorzystanie do programowania swoich modułów języka Basic (Tibbo Basic), który jest najbardziej – spośród języków programowania wysokiego poziomu - zbliżony do języka naturalnego. Nauczenie się go i stosowanie w praktyce jest bardzo proste i nie ogranicza przy tym użyteczności „sieciowej” interfejsów. Wśród poleceń obsługiwanych przez moduły są m.in. dedykowane funkcje obsługi zegara RTC, klawiatury, portu szeregowego, linii IO i wejść przerwań, obsługi wirtualnego dysku emulowanego w pamięci Flash i dostępu do pamięci EEPROM, konfiguracji „kablowego”



Fot. 1. Wygląd modułu z serii EM1000



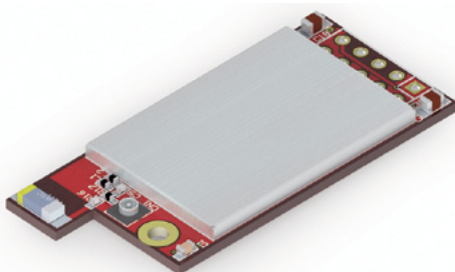
Fot. 2. Wygląd modułu z serii EM500

TiOS

Firma Tibbo opracowała i udostępniła system operacyjny TibboOS, który jest alternatywną w stosunku do Basic platformą dla programistów piszących aplikacje dla modułów ethernetowych.

Tab. 1. Zestawienie podstawowych cech i parametrów programowalnych modułów ethernetowych firmy Tibbo

Opis	EM200	EM203, EM203A	EM1000	EM1202	EM1206	EM500
Programowanie w Basicu	Tak					
Interfejs Ethernet	100/10BaseT					
Transformator	Zewnętrzny					
Złącze RJ45	Zewnętrzne					
Liczba portów szeregowych (poziomy TTL)	1			4		1
Inne peryferia	–		RTC, Flash disc, SPI, głośnik	Flash disc, głośnik	RTC, Flash disc, głośnik, klawiatura	–
Liczba dostępnych linii I/O	5	0	49	32	17	8
Pojemność bufora [B]	8k×x		–			
Zasilanie	5 V/220 mA	5 V/230 mA	3,3 V/230 mA			3,3 V/260 mA
Wymiary [mm]	32,1x18,5x7,3	30,1x18,1x12,5	38,4x28,4x5,5	171x19,1x14,6	33,2x18,1x5,5	18,5x16x6,5



Fot. 3. Interfejs WiFi GA1000



Fot. 4. System z modulem EM1202

portu Ethernet oraz WiFi (w tym definiowania i konfiguracji do 16 *socketów* komunikacyjnych UDP, TCP i HTTP). Producent wyposażył module EM1206 także w elementy „rozrywkowe” jak na przykład obiekty programowe: *pat* (służący do wyświetlania sekwencji świetlnych na diodach LED) czy *beep* (umożliwiający generowanie prostych „melodyjek”).

Spore ułatwienia dla programistów piszących aplikacje w Basicu na module firmy Tibbo wynikają z wzbogacenia ich możliwości m.in. o funkcje konwersji danych i czasu, funkcje obliczania skrótów MD5 i SHA1 oraz szeroki wachlarz obsługiwanych typów zmiennych: *byte*, *char*, *integer* (*word*), *short*, *dword*, *long*, *real* oraz *string*.

Na potrzeby konstruktorów korzystających z możliwości programowania funkcjonalności modułów sieciowych producent opracował i bezpłatnie udostępnił komplet-

Mikroprocesory NET+ARM

Mikrokontrolery „sieciowe” firmy Digi (zestawienie w tabeli poniżej) są układami o architekturze SoC wyposażone w wydajne 32-bitowe rdzenie firmy ARM. Producent zapewnia, wolne od opłat licencyjnych, wsparcie dla programów tworzonych w środowisku NET+OS. Producent wspiera także oprogramowanie dla Linuksa i MS Windows CE.



Podstawowe parametry mikrokontrolerów NET+ARM

Cecha	NS9750	NS9360	NS9210/NS9215	NS7520
Częstotliwość zegara [MHz]	125, 162 lub 200 MHz	103, 155 lub 177 MHz	75 lub 150 MHz	36, 46 lub 55 MHz
Rdzeń	ARM926EJ-S z technologią DSP i Jazelle	ARM926EJ-S z technologią DSP i Jazelle	ARM926EJ-S z technologią DSP i Jazelle	ARM7TDMI
Peryferia	– kontroler Ethernet 10/100Base-T – 32-bitowa, zewnętrzna magistrala danych – USB – 4 porty szeregowy – I ² C – IEEE1284 – DMA – 16 timerów lub 8 PWM – PCI – JTAG – 50 GPIO	– kontroler Ethernet 10/100Base-T – 32-bitowa, zewnętrzna magistrala danych – kontroler LCD – USB – 4 porty szeregowy – I ² C – IEEE1284 – DMA – 8 timerów lub 4 PWM – RTC – JTAG – 75 GPIO	– kontroler Ethernet 10/100Base-T – konfigurowalny moduł FIM – 4 porty szeregowy – I ² C – DMA – 10 timerów – JTAG – 54/108 GPIO	– kontroler Ethernet 10/100Base-T – 32-bitowa, zewnętrzna magistrala danych – 2 porty szeregowy – SPI – DMA – 2 timery – JTAG – 16 GPIO

ne środowisko projektowe TIDE, umożliwiające pisanie aplikacji w Tibbo Basicu, a bezpieczny dostęp do bloków peryferyjnych modułów zapewnia system operacyjny TiOS.

Moduły ethernetowe najnowszej generacji (do tego grona należą EM1202, EM1206 i EM500) oferują użytkownikom jeszcze jedną niebagatelną zaletę: dzięki modułowej konstrukcji (widok kompletnego systemu z modulem EM1202 pokazano na **fotografii 4**) można je stosować zarówno w kablowych systemach sieciowych jak i w systemach sieciowych z radiowym interfejsem WiFi – dołączanym do komputerka sieciowego za pomocą SPI.

Wolisz C/C++?

Najsilniejszym konkurentem Tibbo w Polsce jest firma Digi, która przygotowała dla swoich odbiorców nie tylko serię doskonałych, dobrze wyposażonych modułów interfejsowych, ale także zestaw narzędzi programistycznych Digi ESP (na Eclipse i ARM-GCC), które umożliwiają pisanie aplikacji dla systemu operacyjnego NET+OS, który jest programową „bazą” wszystkich programowalnych modułów sieciowych firmy Digi. Dla programistów dogłębnie wykorzystujących możliwości platform sprzętowych producent przygotował specjalną wersję Linuksa (Digi Embedded Linux), którego moż-

Tab. 2. Zestawienie podstawowych cech wybranych modułów z serii ConnectCore (w zestawieniu pominięto dodatkowe zasoby modułów dostępne dla użytkowników, szczegóły są dostępne na stronie www.digi.com)

Oznaczenie	Wi-MX51	CC-9P 9360	CC-9C	CC-Wi9C	CC-9M 2443	CC-(W)9P 9215
Medium	WiFi + kabel	Kabel	Kabel	WiFi + kabel	WiFi + kabel	WiFi + kabel
Mikrokontroler	Freescale i.MX515 (Cortex-A8) 600 MHz	NetSilicon ARM9 NS9360/NS9750 177 MHz	NetSilicon ARM9 NS9360 155 MHz	NetSilicon ARM9 NS9360 155 MHz	Samsung ARM9 S3C2443 400/533 MHz	NetSilicon ARM9 NS9215 150 MHz
Flash/SDRAM max. [MB]	8192/1024	128/128	Standard 4/16 (opcja 8/32)	Standard 128/64 (opcja 256/256)	Standard 32/32 (opcja 1024/256)	16/32
Obsługa systemów operacyjnych	MS Windows CE, Linux, NET+OS	MS Windows CE, Linux, NET+OS	MS Windows CE, Linux, NET+OS	MS Windows CE, Linux, NET+OS	MS Windows CE, Linux, NET+OS	Linux NET+OS
Wymiary [mm]	82x50x7	60x44x10	89x53x20	78x91x20	60x44x7	50x50/(50x70)
Złącze	180-stykowe złącze PCB-PCB w rastrze 0,8 mm	2x120-stykowe	SO-DIMM 144-stykowe, RJ45	SO-DIMM 144-stykowe, RJ45, USB, antena	2x120-stykowe	2 x 80-stykowe
Zasilanie	b.d.	3,3 V/400 mA	3,3 V/450 mA	3,3 V/800 mA	3,3 V/250 mA	3,3 V/554 (786) mA

Oznaczenie	CC 7U	DC Wi-ME	DC ME	CC-Wi9M 2443	DC-ME 9210
Medium	Kabel	WiFi	Kabel	WiFi + kabel	Kabel
Mikrokontroler	NetSilicon ARM7 NS7520 55 MHz	NetSilicon ARM7 NS7520 55 MHz	NetSilicon ARM7 NS7520 55 MHz	Samsung ARM9 S3C2443 400/533 MHz	NetSilicon ARM9 NS9210 75 MHz
Flash/SDRAM max. [MB]	2/16	8/4	8/4	1/256	4/8
Obsługa systemów operacyjnych	MS Windows CE, Linux, NET+OS	MS Windows CE, Linux, NET+OS	MS Windows CE, Linux, NET+OS	MS Windows CE, Linux, NET+OS	Linux NET+OS
Wymiary [mm]	63x19	47x19x22	47x19x22	92x44x7	37x19x19
Złącze	DIP48	20-stykowe Samtec FTS-110-01-F-DV-TR	20-stykowe Samtec FTS-110-01-F-DV-TR	2x120-stykowe	20-stykowe Samtec FTS-110-01-F-DV-TR
Zasilanie	3,3 V/280 mA	3,3 V/400 mA	3,3 V/270 mA	3,3 V/1200 mA	3,3 V/450 mA

Podstawowe własności modułów

DigiConnect ME

- wymienne i kompatybilne pod względem wyprowadzeń,
- wyposażone w 32-bitowy procesor NET+ARM,
- 2 MB pamięci Flash i 8 MB RAM,
- interfejs szeregowy (TTL), o maksymalnej szybkości transmisji 230 kb/s;
- bezprowadowy interfejs Ethernetu typu dual-diversity 802.11b o prędkości przesyłania danych do 11 Mb/s,
- certyfikowane tory radiowe,
- kablowy interfejs Ethernet z automatycznym wykrywaniem typu sieci 10/100Base-T, innowacyjne zasilanie dla urządzeń zasilanych przez sieć Ethernet,
- 5 linii I/O ogólnego zastosowania (GPIO),
- niewielki pobór prądu,
- przemysłowy zakres temperatur pracy,
- szyfrowanie przesyłanych danych typu SSL/TLS z NIST (certyfikowany algorytm AES),
- możliwość oprogramowania plug-and-play eliminująca konieczność opracowywania własnego oprogramowania,
- łatwe w użyciu i niewymagające opłat licencyjnych środowisko NET+OS,
- niezbędne do adaptacji oprogramowania do własnych potrzeb.

na wykorzystać jako samodzielną platformę programistyczną, co ułatwiają sterowniki do modułów peryferyjnych wbudowanych w moduły.

W ofercie firmy Digi znajdują się kompatybilne ze sobą mechanicznie i programowo przewodowe i bezprzewodowe moduły sieciowe oraz komputery sieciowe (tabela 2) o nazwach Digi Connect EM oraz Digi Connect Wi-EM.



Fot. 5. Wygląd modułu ConnectCore 7U



Fot. 6. Wygląd modułu ConnectCore 9M 2443

W większości modułów produkowanych przez firmę Digi zastosowano mikroprocesory Netsilicon, wyposażone w 32-bitowe rdzenie ARM7TDMI (DigiConnect ME, ConnectCore 7U – **fotografia 5**), ARM920 lub ARM926EJ-S. Wspólną cechą wszystkich platform sprzętowych firmy Digi jest zintegrowany kontroler Ethernet. Ich standardowym wyposażeniem są także pamięci Flash i SDRAM, dające użytkownikowi możliwość implementowania własnych aplikacji.

Moduł ConnectCore 9M 2443 (**fotografia 6**) wyposażono w szybki mikroprocesor z dołączoną pamięcią o dużej pojemności - opcjonalnie aż do 1 GB Flash i 256 MB



Fot. 7. Wygląd modułu Digi Connect ME 9210

SDRAM - charakteryzuje się także bogatym wyposażeniem w układy peryferyjne. Na uwagę zasługuje niewielki pobór energii – moduł wyposażono w zaawansowane funkcje zarządzania poborem prądu. Dzięki temu doskonale nadaje się on do stosowania w urządzeniach przenośnych i zasilanych bateryjnie. Wyposażono go we wbudowany kontroler LCD, także z panelem dotykowym.

W ofercie produkcyjnej firmy Digi znajduje się nowoczesny, kompaktowy moduł sieciowy Digi Connect ME 9210 (**fotografia 7**) wyposażony w interfejs Ethernet 10/100Base-T (z PoE IEEE802.3af) i wyspecjalizowany interfejs komunikacyjny FIM (Flexible Interface Module), udostępniający użytkownikowi interfejsy SPI (do 16,7 Mb/s w trybie *master* i do 7,5 Mb/s w trybie *slave*), I²C z adresowaniem 7- lub 10-bitowym, UART-TTL, UART, 1-Wire, a także USB, CAN oraz 10 współdzielonych linii GPIO oraz linie wejściowe i wyjściowe 4 programowalnych timerów.


Fot. 8. Wygląd modułu ConnectCore 9C

Moduły z serii ConnectCore 9P, 9C (fotografia 8) i W9C charakteryzują się szybkimi jednostkami centralnymi i bogatym wyposażeniem w układy peryferyjne. Ich moc obliczeniowa jest wzajemnie zbliżona. Producent zapewnia oprogramowanie tych modułów dla wszystkich trzech systemów operacyjnych. Moduł ConnectCore W9C jest dodatkowo wyposażony w interfejs sieci bezprzewodowej.

W nowej w ofercie firmy Digi rodzinie modułów Digi Connect ME, WME, EM, WEM w wersji 9210, zastosowano mikroprocesor NS9210. Są one mechanicznie i elektrycznie kompatybilne ze starszymi modułami i charakteryzują się większymi możliwościami niż moduły starszej generacji, m.in. dzięki zastosowaniu mikroprocesora NS9210 (ARM926E-J), taktowanego sygnałem zegarowym o częstotliwości 75 MHz i wbudowaniu w niego programowalnego modułu FIM, który można skonfigurować jako szybki port UART (do 1,8 Mb/s), SD/SDIO, CAN, 1-Wire, USB, I²S, Wiegand, I²C, SPI. Moduły te są przystosowane do pracy w sieciach Ethernet PoE.

Najtańsze z serii ConnectCore – moduły ConnectCore 9P 9215 (fotografia 9) i Wi-9P 9215 - wyposażono w zaawansowane funkcje zarządzania energią oraz konfigurowalny

Podstawowe własności modułów DigiConnect

- wymienne i kompatybilne pod względem wyprowadzeń,
- wbudowany 32-bitowy mikroprocesor NET+ARM,
- 4 MB pamięci Flash i 8 MB pamięci RAM;
- dwa szybkie interfejsy szeregowy,
- wbudowany interfejs SPI,
- bezprowodowy interfejs Ethernet typu dual-diversity 802.11b o prędkości przesyłania danych maksymalnie 11 Mb/s,
- wysoki stopień ochrony transmisji za pomocą protokołu WPA2/802.11i, kodowania TKIP/AES,
- certyfikowane tory radiowe,
- przewodowy interfejs Ethernet 10/100Base-T z automatycznym wykrywaniem typu sieci,
- 9 linii I/O ogólnego zastosowania (GPIO),
- przemysłowy zakres temperatur pracy,
- szyfrowanie przesyłanych danych typu SSL/TLS z NIST (certyfikowany algorytm AES),
- możliwość oprogramowania plug-and-play eliminująca konieczność opracowywania własnego oprogramowania,
- łatwe w użyciu i niewymagające opłat licencyjnych środowisko NET+Works, niezbędne do adaptacji oprogramowania do własnych potrzeb.

Ethernetowe komputery dla wymagających

Alternatywny sposób współpracy z Ethernetem proponuje konstruktorom koreańska firma System Base, w ofercie której znajduje się seria modułów sieciowych o nazwie Eddy (na fotografii poniżej pokazano widok modułu Eddy-CPU v2.5), które są dobrze wyposażonymi komputerami wyposażonymi w mikroprocesory z rdzeniem ARM926E-J (AT91SAM9G20 taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 400 MHz), pamięć SDRAM o pojemności 32 MB, pamięć Flash o pojemności 8 MB i interfejs Ethernet 10/100 z AutoMDIX.

Moduły Eddy pracują pod opieką systemu operacyjnego Lemonix, który jest zmodyfikowaną wersją Linuksa (kernel 2.6.x), przystosowaną do obsługi aplikacji klasy RT (Real Time). Użytkownik modułu ma do dyspozycji jego zasoby sprzętowe (konfigurowalne linie I/O, sprzętowe interfejsy mikroprocesora) i część wydajności (czasu pracy procesora) systemu. Dzięki zastosowaniu wielozadaniowego systemu operacyjnego, przygotowanie aplikacji dla Eddy/ego nie wymaga specjalnych zabiegów – ich wymagania są praktycznie identyczne z tymi, jakie są stawiane standardowym aplikacjom pisanych dla systemu Linux. Producent modułów Eddy z myślą o wygodnym tworzeniu dla nich aplikacji przygotował zestaw oprogramowania SDK (Software Development Kit) opartego na IDE Eclipse (nosi on natywną nazwę LemonIDE) oraz precyzyjną dokumentację do rozbudowanego pod kątem obsługi sieci API (Application Programming Interface). W pakiecie oprogramowania są dostarczane stopy protokołów TCP, UDP, Telnet, ICMP, DHCP, TFTP, HTTP, SNMP 1&2, SSH, SSL oraz obsługa połączeń DHCP i ze statycznie przydzielanym IP. W ramach serii Eddy v2.5 producent oferuje interfejsy WiFi (zdjęcie obok) i Bluetooth kompatybilne z płytką CPU. Moduły Eddy doskonale nadają się do obsługi przemysłowych aplikacji sieciowych, ponieważ poza niewielkimi wymiarami (25x45,5x6 mm) i małym poborem mocy (3,3 V/200 mA) charakteryzują się możliwością pracy w szerokim zakresie temperatur – od -40 aż do +85°C.


Fot. 9. Wygląd modułu ConnectCore 9P 9215

Moduły z rodzin Connect EM i Digi Connect Wi-EM, podobnie jak moduły z rodzin EM200, EM1000 i EM500 firmy Tibbo umożliwiają producentom urządzeń elektronicznych wyposażenie je w nowoczesne technologie sieciowe bez konieczności dokonywania zmian w konstrukcji tych urządzeń. Te tanie i łatwe w stosowaniu moduły wykorzystują unikatową, wspólną platformę umożliwiającą natychmiastową integrację zarówno z siecią przewodową 10/100Base-T, jak i siecią bezprzewodową typu 802.11b. Integracja ta jest możliwa bez potrzeby konstruowania nowego urządzenia oraz żmudnych prac związanych z oprogramowaniem układu interfejsowego.

moduł komunikacyjny FIM, za pomocą którego można uzyskać transmisję danych przez UART, SD/SDIO, CAN, 1-Wire, USB, I²S, Wiegand, magistralę równoległą i inne. Moduły z tej serii są produkowane zarówno w wersji przewodowej jak i bezprzewodowej, co daje możliwość łatwego dopasowania się do potrzeb aplikacji.

Podsumowanie

Rozwiązania przedstawione w artykule charakteryzują najpopularniejsze obecnie kierunki „ethernetyzacji” urządzeń i systemów pomiarowych i sterujących pozbawionych własnych interfejsów sieciowych. Zastosowanie w nich zaawansowanych zasobów sprzętowych oraz możliwość modyfikacji ich funkcjonalności poprzez zmianę oprogramowania powodują, że programowalne interfejsy sieciowe są i najprawdopodobniej będą chętnie stosowane w coraz większej liczbie aplikacji, zwłaszcza że korzystanie z ich zasobów ułatwiają (w przypadku Basica wręcz radykalnie) języki wysokiego poziomu. Jeżeli dodać do tego łatwość wyboru medium komunikacyjnego (kabel/WiFi), to trudno wyobrazić sobie, że może być prościej...

Andrzej Gawryluk