

# IQRF – więcej niż radio (5)

## Praktyczny projekt sieci IQRF



**W poprzednich numerach EP zaprezentowałem teoretyczne podstawy zastosowania systemu modułów radiowych produkowanych przez firmę IQRF. Były one ilustrowane przykładami procedur pokazujących sposoby użycia wielu ciekawych funkcji tych modułów. Często były to firmowe programy demonstracyjne. Są one według mojej opinii na tyle dobrze przygotowane, że napisanie własnych tylko po to, aby nieco różniły się od firmowych uznałem za bezcelowe. Jednak to co jest dobre do poznania zasad rządzących systemem zazwyczaj nie wystarcza do zbudowania kompletnego projektu. Ponieważ w trakcie poznawania IQRF bardzo mi się ten system spodobał, postanowiłem zaprojektować i wykonać projekt sieci radiowej z wykorzystaniem modułów TR52B.**

Pierwszym moim skojarzeniem związanym z modułami radiowymi był modny obecnie temat automatyki domowej. Łączność radiowa pozwala na umieszczanie modułów sterujących lub wykonawczych w dowolnym miejscu, w którym jest zasięg sieci radiowej, bez konieczności zainstalowania kosztownych i czasami trudnych do wykonania połączeń przewodowych.

### Założenia projektowe

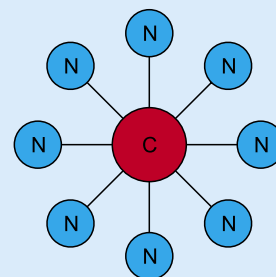
Połączenie wielu punktów w sieci automatyki domowej najłatwiej jest wykonać za pomocą sieci radiowej. Po pobieżnej analizie możliwości modułów TR52B oceniłem, że w większości przypadków zamontowany na module mikrokontroler PIC16F884 z dostępną dla użytkownika pamięcią Flash o pojemności 1 kB będzie zupełnie wystarczający w roli sterownika obiektowego. Sterownik musiałby mierzyć temperaturę, sygnały analogowe z czujników, sterować układami zewnętrznymi oraz odczytywać i przesyłać ich stan. Nie są to trudne zadania, ale gdyby mikrokontroler modułu nie mógł im podolać, to zawsze można wykorzystać TR52B w roli modułu transmisyjnego z dołączonym do niego lokalnym hostem z niezbędnymi zasobami. Z opisanych wcześniej oczekiwań odnośnie do modułu wynika pierwsze założenie projektowe: maksymalne wykorzystanie zasobów modułów TR52B, a w uzasadnionych przypadkach ich wykorzystanie jako modułu umożliwiający połączenie lokalnemu hostowi. W praktyce okazało się, że pamięć programu o pojemności 1 kB, to w kilku przypadkach za mało, ale sterowniki obiektowe mogą podzielić część realizowanych zadań z koordynatorem sieci połączonym z hostem.

Kolejnym ważnym krokiem jest wybór topologii sieci. Najpierw postawiłem sobie pytanie – dlaczego nie skorzystać z wbudowanych mechanizmów IQMESH? Ma wszystko co potrzebne: dołączanie węzłów i routing pakietów. Ostatecznie jednak zdecydowałem, że IQMESH należy bezwzględnie zastosować ale... w kolejnej wersji urządzenia. Uznałem, że na początek lepiej będzie, jeśli transmisja danych będzie przebiegała pod moją kontrolą. Po zaprojektowaniu, uruchomieniu i sprawdzeniu tego wszystkiego co sobie zaplanowałem, a co nie ma bezpośredniego wpływu na transfer danych, można będzie zastosować IQMESH.

W przeciwnym razie może okazać się, że nie będę w stanie zdiagnozować czy problem leży na przykład w routingu pakietów, czy w błędnych procedurach. Skoro na razie nie zastosujemy IQMESH, to naturalną topologią będzie połączenie typu gwiazda (**rysunek 1**). To połączenie ma jeden centralny punkt – koordynator sieci i jeden lub wiele węzłów. Taka sieć najczęściej pracuje w konfiguracji master – slave. Tylko koordynator – master może zainicjować połączenie radiowe z węzłem – slave. Nawet jeśli węzeł ma ważne dane do transmisji, to czeka, aż koordynator prześle zapytanie. Ma to jedną zaletę: całkowicie eliminuje możliwość konfliktów, a co za tym idzie, nie trzeba implementować skomplikowanych mechanizmów arbitrażu, retransmisji itp. Ma niestety też wadę – przy wielu odpytywanych węzłach czas reakcji na zdarzenie może być dość długi. Są takie zastosowania, w których jest to trudne do przyjęcia. Również w tym projekcie czas reakcji może mieć znaczenie, gdy np. prześlemy zapytanie o powód zadziałania alarmu włamaniewego. Można temu zapobiec stosując pewne zabiegi programowe polegające na tym, że jeden lub dwa neutralne węzły będziemy odpytywać dużo częściej, niż pozostałe.

W sieci o topologii z **rysunek 1** głównym elementem jest moduł TR52B pełniący funkcję koordynatora sieci. Trudno sobie wyobrazić, by oprócz wysyłania pakietów danych do węzłów i odbierania pakietów z węzłów TR52B mógł spełniać inne funkcje np. związane z interfejsem użytkownika. Głównie z powodu niewielkich zasobów wbudowanego mikrokontrolera.

Dlatego naturalnym wyborem jest połączenie modułu koordynatora z hostem najlepiej przez systemowy interfejs SPI. Host będzie wykonywał wszystkie funkcje związane z mechanizmami odpytywania węzłów i wysyłania do nich poleceń sterow-



N – węzeł  
C – koordynator

**Rysunek 1. Topologia gwiazdy**

nicznych. Poza tym musi odebrać z koordynatora pakiety danych przesyłane z węzłów do koordynatora i prawidłowo je zinterpretować. Powinien też mieć zasoby pozwalające na zaimplementowanie czytelnego interfejsu użytkownika. Przy obecnej podaży wydajnych mikrokontrolerów z dużymi pamięciami programu i danych zaprojektowanie układu sprzętowego hosta nie powinno stanowić problemu.

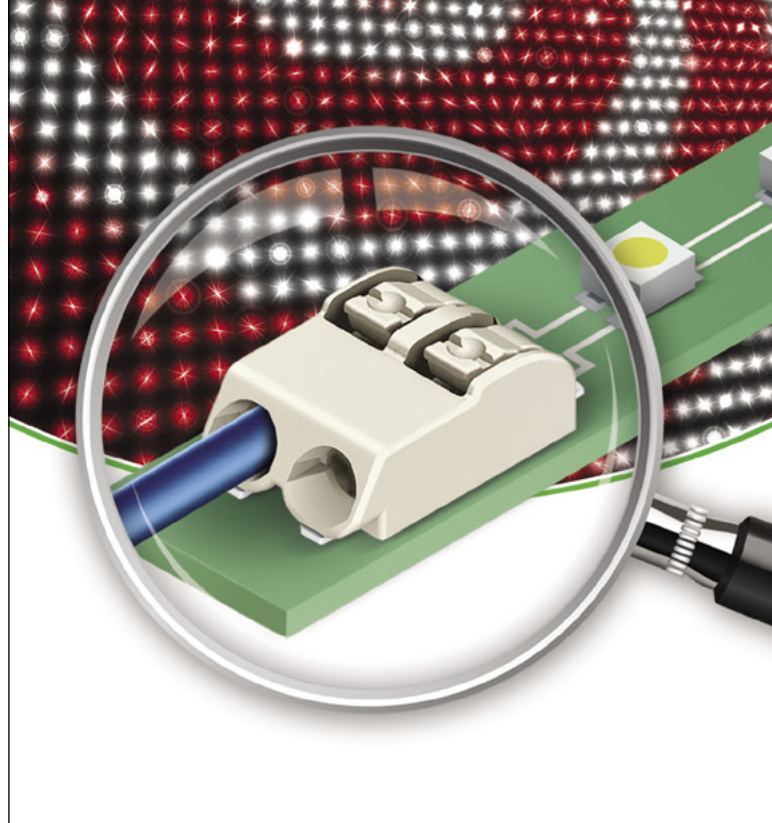
Interfejs użytkownika można wykonać na wiele sposobów. Na początku najbardziej naturalnym wydawał mi się typowy lokalny interfejs z wyświetlaczem graficznym i klawiaturą uzupełnioną impulsatorem. Wykonanie takiego interfejsu nie jest trudne, ale wymaga dokładnego przemyślenia i sporego nakładu pracy. Alternatywą może być interfejs zaimplementowany na komputerze PC. Wymiana informacji pomiędzy komputerem a hostem może się odbywać poprzez interfejsy USB, Ethernet lub RS232. Komputer daje dużo większe możliwości wyświetlania grafiki na ekranie, a poza tym można korzystać z typowej klawiatury i myszki.

Ostatecznie zdecydowałem się na interfejs w postaci strony WWW i pomocniczy, lokalny wyświetlacz graficzny sterowany przez hosta. Host jest połączony z komputerem za pomocą Ethernetu, a do komunikacji wykorzystuje się protokół TCP/IP. Takie rozwiązanie ma szereg zalet. Obsługę sieci można wykonać na dowolnej przeglądarce WWW (koniecznie z obsługą Adobe Flash). Można ją wykonywać zarówno lokalnie (sieć LAN), jak i poprzez Internet.

Serwer WWW można zaimplementować w układach z mikrokontrolerem na wiele sposobów. Jedną z najbardziej popularnych metod jest zastosowanie specjalizowanych układów z wbudowanym sprzętowym stosem TCP/IP i modułami MAC i PHY. Kiedyś takie rozwiązanie opisywałem przy okazji omawiania możliwości sieciowych pakietu Flowcode. Tu jednak postanowiłem zastosować programowy stos firmy Microchip i 8-bitowy mikrokontroler z rodziny PIC18F67J60. Do budowy serwera WWW wykorzystałem opisywane na łamach EP rewelacyjne narzędzie TCPMaker amerykańskiej firmy *Trace Systems Inc.* Wykorzystuje ono stos opracowany przez Microchip i jego program narzędziowy MPFS2.exe. MPFS2 potrafi przekształcić projekt strony internetowej napisanej w języku HTML do postaci binarnej lub postaci, którą można skompilować kompilatorem języka C. Ale o sile TCPMaker'a głównie stanowi wbudowany edytor strony WWW z gotowymi elementami niezbędnymi do szybkiego zdefiniowania interfejsu użytkownika zorientowanego na sterowanie. Zaprojektowaną stronę można zapisać i przetestować. Po zaakceptowaniu projektu TCPMaker generuje gotowy projekt z kodami źródłowymi dla środowiska MPLAB IDE V8xx. Ten projekt jest dobrze zdefiniowanym i opisanym szkieletem z działającym serwerem WWW. Użytkownik musi „tylko” uzupełnić ten projekt o procedury reagujące na odbierane dane wysyłane z przeglądarki i przesyłać niezbędne dane do przeglądarki.

Podsumujmy przyjęte na wstępie założenia:

- Celem jest utworzenie sieci radiowej za pomocą modułów TR52B.
- Sieć ma pracować w topologii gwiazdy w konfiguracji koordynator (master) – węzeł (slave).
- W pierwszej fazie projektu nie jest wykorzystywane firmowe zarządzanie siecią IQMESH.
- Węzły mają w miarę możliwości wykorzystywać dostępne zasoby mikrokontrolera PIC16F884 wbudowanego w TR52B. W uzasadnionych przypadkach węzeł może być połączony z lokalnym hostem.



## Złączki SMD seria 2060

### Drzwi do świata LED

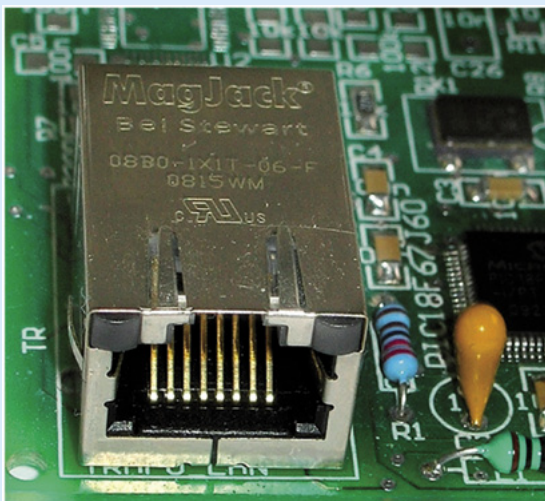
- mała wysokość złączki – 4,5 mm
- łatwa obsługa dzięki wbudowanemu przyciskowi
- do wszystkich rodzajów przewodów
- montaż przewodów ręczny lub automatyczny
- redukcja kosztów produkcji modułów LED
- opakowanie typu „tape and reel”
- grupowanie złączy bez utraty rastra

**WAGO**<sup>®</sup>  
INNOVATIVE CONNECTIONS

50-506 Wrocław, ul. Piękna 58a, tel.: 48 71 360 29 70

[www.wago.com](http://www.wago.com)





Fotografia 4. Transformator TR1

- Moduł koordynatora spełnia tylko rolę transceiver'a dla pakietów danych przesyłanych drogą radiową. Cała obsługa sieci jest wykonywana przez hosta połączonego z koordynatorem poprzez systemowy interfejs SPI.
- Host pełni rolę serwera WWW z zaimplementowanym graficznym interfejsem użytkownika.
- Sieć jest wstępnie przeznaczona do systemów automatyki domowej, ale jej projekt nie powinien być ograniczony tylko do takiego zastosowania.

W trakcie pracy nad tym zadaniem większość tych założeń została zrealizowana w całości, a niektóre z nich zostały rozszerzone. Schemat blokowy projektu pokazano na **rysunku 2**.

### Sprzętowa realizacja hosta

Mikrokontroler PIC18F67J60 użyty do realizacji głównego hosta jest układem szczególnym. Ma w swojej strukturze wszystkie niezbędne bloki potrzebne do zbudowania interfejsu Ethernet: moduły PHY i MAC, niezależną pamięć RAM o pojemności 8 kB przeznaczoną na bufor pakietów danych. Moduł PHY ma za zadanie odbierać analogowy sygnał symetryczny przesyłany skrętką z sieci i konwertować go na postać cyfrową zgodnie ze standardem Ethernet 10 Base-T. Również dane cyfrowe nadawane w kierunku sieci są konwertowane na postać analogową, zgodnie z tym samym standardem. W praktyce oznacza to, że do budowy kompletnego interfejsu warstwy fizycznej jest potrzebny tylko transformator i kilku rezystorów. Moduł PHY ma nawet wbudowany sterownik diod LED sygnalizujących stany *Network* i *Link*.

Moduł MAC pracuje zgodnie ze standardem IEEE802.3 i do sterowania transceiverem PHY wykorzystuje interfejs *Media Independent Interface Management (MIIM)*. Wbudowany w sprzętowy moduł Ethernet blok niezależnej pamięci RAM (8 kB) jest wyposażony w układ arbitrażu dostępu, kanał DMA i układ sprzętowego wspierania wyliczania CRC dla pakietów IP. Dzięki temu, że PIC18F67J60 zawiera w swojej strukturze większość tego, co będziemy potrzebowali do realizacji interfejsu Ethernet, to schemat ideowy gotowego urządzenia jest zaskakująco prosty. Pokazano go na **rysunku 3**.

Dopasowanie sygnałów do standardu Ethernet 10BaseT (2 tory z niez izolowaną skrętką) zapewnia transformator TR1 typu 08B0-1X1T-06-F (**fotografia 4**). Transformator zapewnia też niezbędną izolację galwaniczną układu hosta od toru przesyłowego.

Wszystkie zewnętrzne układy peryferyjne (moduł koordynatora TR52B, wyświetlacz LCD i pamięć EEPROM) są dołączane do mikrokontrolera przez 3 niezależne interfejsy SPI. Do komunikacji z zewnętrzną pamięcią EEPROM typu 25LC256 zastosowałem interfejs sprzętowy mikrokontrolera. Kolorowy wyświetlacz od telefonu Nokia i moduł TR52B pełniący rolę koordynatora są dołączone przez osobne, emulowane programowo interfejsy SPI. Ta „rozzutność” nie jest podyktowana jakimiś specjalnymi wymaganiami programowymi. Po prostu do budowy prototypu hosta wykorzystałem istniejącą płytkę z projektu radia internetowego i to właśnie konfiguracja sprzętowa niejako wymusiła takie, a nie inne rozwiązanie. Gdyby układ był projektowany od początku pewnie wystarczyłby jeden interfejs SPI i sygnały wyboru (SS) dla każdego urządzeń.

Złącze J4 DISP jest przeznaczone do dołączenia modułu wyświetlacza graficznego. W urządzeniu prototypowym zastosowałem gotowy moduł KamodTFT2 z wyświetlaczem od telefonu komórkowego Nokia 6510. Do testowania jest to bardzo dobre rozwiązanie, jednak gdybyśmy chcieli użyć wyświetlacza w docelowym urządzeniu, to lepszy byłby taki o dłuższej przekątnej.

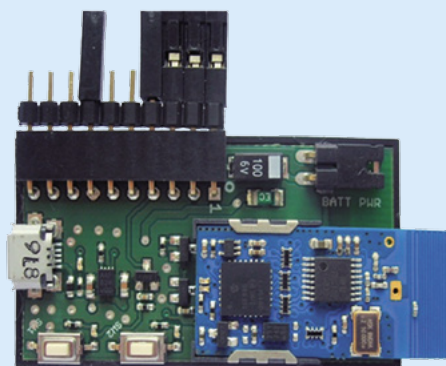
Lokalny interfejs użytkownika można uzupełnić o 3 zwierane przyciski dołączane do złącza J1 KEY. Styki muszą zwierać linie SW1, SW2, i SW3 do masy. Rezystory R2, R3 i R4 wymuszają poziom wysoki, kiedy styki nie są zwierane. W pierwszej wersji prototypu nie używałem przycisków.

Moduł TR52B pełniący rolę koordynatora jest umieszczony w module ewaluacyjnym DK-EVAL-04. DK-EVAL-04 zapewnia bateryjne zasilanie i możliwość połączenia wyprowadzeń TR52B na zewnątrz (**fotografia 5**).

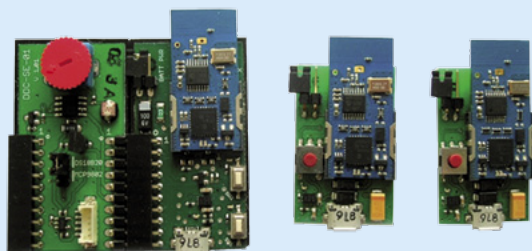
Moduły ewaluacyjne DK-EVAL-03 i DK-EVAL-04 zostały również wykorzystane do umieszczenia w nich modułów radiowych TR52B pełniących rolę węzłów. W trakcie testów do pomiaru temperatury za pomocą układu DS18B20 zastosowałem DK-EVAL-04 połączony z DCC-SE-01. Pozostałe węzły to dwa moduły ewaluacyjne DK-EVAL-03 (**fotografia 6**).

### Organizacja sieci

Sieć pracuje w topologii gwiazdy z koordynatorem master i węzłami slave. Tak naprawdę koordynator TR52B jest tylko modulem transmisyjnym i możemy założyć, że rolę koordynatora pełni układ powstający poprzez połączenie hosta z modulem TR52B. Koordynator pracujący w topologii gwiazdy musi „wiedzieć”, które węzły są dołączone do jego sieci. Dołączenie (*bonding*) polega na zapisaniu w przestrzeni konfiguracyjnej koordynatora adresu *NODE ID* i opcjonalne nadanie drogą radiową tego adresu nieaktywnemu węzłowi. Użytkownik może też wcześniej zaprogramować *NODE ID* do przyłączonego węzła.



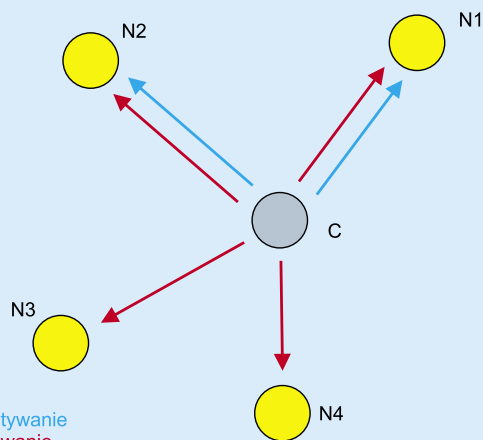
Fotografia 5. Moduł koordynatora



Fotografia 6. Moduły węzłów

*Bonding* jest podstawową początkową czynnością konfiguracyjną i bez przyłączenia przynajmniej jednego węzła działanie sieci nie jest możliwe. Później zobaczymy, że system pozwala na przyłączanie węzłów i ich usuwanie, a konfiguracja jest zapisywana w pamięci EEPROM. Program koordynatora – hosta kontroluje węzeł nie jest już dołączony wcześniej i jeżeli tak, to dołączenie nie będzie wykonane. Węzły mogą wykonywać dwie umowne grupy czynności. Załóżmy, że chcemy odczytywać temperaturę otoczenia. Można to zrobić na żądanie wysyłając odpowiednie polecenie poprzez interfejs użytkownika. Koordynator wyśle komendę z zapytaniem o temperaturę, węzeł ją zmierzy i odeśle wynik do koordynatora. Takie działanie możemy umownie nazwać sterowaniem. Akcja jest wykonywana na żądanie i może obejmować zapytanie o pomiar (temperaturę), stan elementów dwustanowych (włączony/wyłączony), lub wykonanie sterowania włącz/wyłącz.

Wróćmy jednak do przykładu pomiaru temperatury. Zazwyczaj chcemy by była ona wyświetlana na bieżąco, bez pytania. Innym przykładem może być stan wzbudzenia alarmu – zapytanie nie na większego sensu. Musimy wiedzieć, że alarm się aktywował najlepiej w momencie, kiedy to nastąpiło, a nie np. 5 godzin po fakcie, kiedy koordynator sieci prześle zapytanie. Dlatego drugim rodzajem czynności wykonywanej przez koordynator jest cykliczne odpytywanie węzłów. Każdy cyklicznie odpytywany węzeł może być na żądanie sterowany, ale cykliczne odpytywanie nie może wy-



Odpytywanie  
Sterowanie

Rysunek 7. Przykład konfiguracji sieci

syłać poleceń sterowniczych, a jedynie zapytania o pomiar, stan elementów dwustanowych itp.

Na **rysunku 7** jest pokazany przykład sieci, w której pracują (są dołączone) 4 węzły. Węzły N1 i N2 są odpytywane cyklicznie, ale koordynator może do nich przesłać dowolną komendę na ich żądanie. Pozostałe węzły N3 i N4 nie są skonfigurowane do cyklicznego odpytywania, ale koordynator może wysłać do nich dowolną komendę.

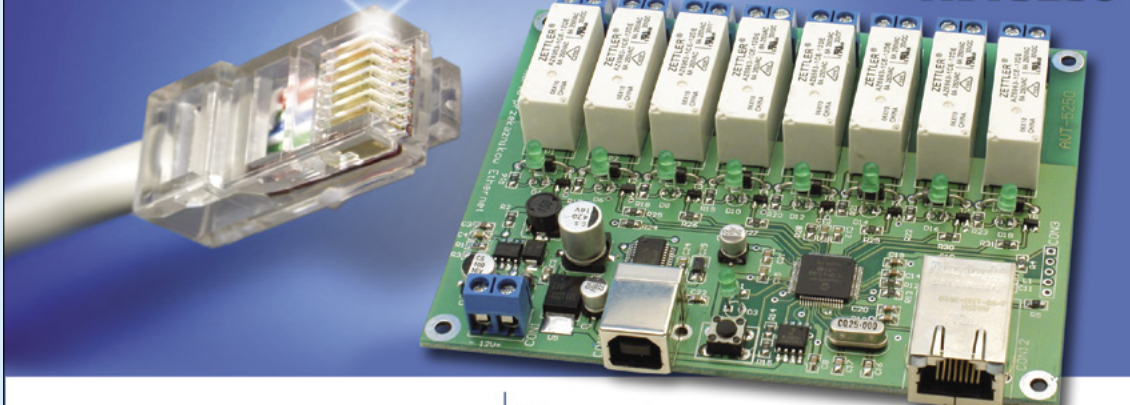
Zatem nasza sieć powinna mieć możliwość skonfigurowania cyklicznego dopytywania wybranych (jeżeli to konieczne – wszystkich,) węzłów i dowolnego sterowania na żądanie wszystkimi węzłami. Konfiguracja odpytywania będzie uzupełniana o dodatkowe opcje, ale o tym napiszę przy okazji dokładnego omawiania komend konfiguracji.

## Podsumowanie

W kolejnym odcinku dokończymy praktyczny projekt sieci IQRF.

Tomasz Jabłoński, EP

## Karta przełączników sterowana przez Internet AVT5250



Karta umożliwia sterowanie przełącznikami poprzez sieć Internet. Stany przełączników oraz przyciski umożliwiające ich zmianę prezentowane są na generowanej przez kartę stronie internetowej. Zaletą takiego rozwiązania jest wygoda i uniwersalność – do obsługi urządzenia nie jest potrzebne żadne dodatkowe oprogramowanie. Układem można sterować zarówno z komputera pracującego pod dowolnym systemem operacyjnym jak i z telefonu komórkowego (z obsługą Internetu).

### Wybrane parametry:

- Tryb dynamicznego pobierania adresu sieciowego (klient DHCP)
- Możliwość zmiany adresu MAC urządzenia
- Praca w trybie serwera http
- Obsługa przez przeglądarkę internetową (port 80)
- Możliwość modyfikacji strony internetowej z poziomu przeglądarki (pamięć strony 1Mb)
- Konfiguracja przez port USB
- 8 wyjść przełącznikowych (8A / 230V)

AVT-Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11,  
tel.: 22 257 84 50, fax: 22 257 84 55, e-mail: handlowy@avt.pl

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