

# Zdalnie sterowany (DTMF) termostat, część 1

## AVT-557

*Opisy regulatorów temperatury często pojawiają się w czasopiśmie elektronicznych, także EP ma swoim koncie kilka takich urządzeń. Mimo tego, a właściwie dzięki temu, prezentujemy kolejne - jego możliwości funkcjonalne niemalże w 100% odpowiadają wymaganiom stawianym najczęściej w listach od Czytelników.*

**Rekomendacje:** w zimowe dni zdalnie sterowany termostat polecamy szczególnie tym Czytelnikom, którzy lubią racjonalizować wydatki - jak się przekonają, ogrzewanie mieszkania lub domku nie musi być wcale tak kosztowne jak dotychczas!



Najprostszy termostat można wykonać wykorzystując rezystancyjny czujnik temperatury oraz komparator analogowy. Obsługa takiego termostatu nie należy do najwygodniejszych, bardzo trudne jest także jego programowanie, zwłaszcza zdalne. Termostaty wykonane na mikrokontrolerach są wprawdzie nieco droższe, ale oferują więcej funkcji i pozwalają zautomatyzować proces regulacji - chociażby poprzez ustawianie różnych temperatur dla różnych pór doby, czy zmianę dokładności nadzorowanej temperatury.

Urządzenie przedstawione w artykule wykonano na mikrokontrolerze, dzięki czemu oferuje ono duże możliwości modyfikowania parametrów regulacji. Zakres monitorowanych temperatur wynosi 0...99°C, co wykracza poza wymagania stawiane typowym termostatom domowym, ale wykorzystano możliwości zastosowanego czujnika temperatury. Wartość stabilizowanej temperatury może być ustawiona z rozdzielczością 1°C, a wartość zmierzonej temperatury jest wyświetlana z rozdzielczością 0,1°C. Dodatkowo można ustalić dokładność nadzorowania zadanej temperatury w zakresie 0,1°C...2°C. Ustalenie dokładności (histerezy) temperatury ma na celu z jednej strony jak najdokładniejsze jej „pilnowanie”, a z drugiej zapobieganie zbyt częstym przełączaniem przełącznika wykonawczego. Jeżeli zostanie ustawiona najlepsza dokładność - na przykład 0,1°C - to temperatura będzie najbardziej zbliżona do założonej, ale przełącznik będzie przełączał się bardzo często, gdyż obniżenie temperatury otoczenia o 0,1°C poniżej założonej wartości spowoduje jego załączenie, a zwiększenie o 0,1°C spowoduje jego wyłączenie. Jak widać zmiany temperatury tylko o 0,2°C powodują zmianę stanu przełącznika. Zmianę wartości wszelkich parametrów można przeprowadzić za pomocą telefonu z dialerem DTMF. Po odpowiednim skonfigu-

rowaniu termostat może samodzielnie odebrać połączenie przychodzące i umożliwić zmianę jego parametrów.

Podczas zdalnej konfiguracji wszystkie dane na temat parametrów termostatu przekazywane są użytkownikowi w postaci komunikatów głosowych. Dzięki czemu obsługa nie sprawia trudności, gdyż o wszystkich dostępnych funkcjach jesteśmy informowani, również zmiana parametru jest potwierdzana komunikatem głosowym. Dodatkowo w czasie trwania połączenia możemy uzyskać informację o temperaturze panującej w pomieszczeniu, w którym znajduje się czujnik. Dostęp do zmiany parametrów termostatu zabezpieczony jest czterocyfrowym hasłem, co uniemożliwia dostęp osób niepowołanych.

Termostat może pracować w trybie automatycznym lub ręcznym. Tryb automatyczny umożliwia nadzorowanie nastawionej temperatury oraz odpowiednie sterowanie przełącznikiem wykonawczym w zależności od wartości temperatury mierzonej i zaprogramowanej. Natomiast tryb ręczny wyłącza automatyczne nadzorowanie temperatury, a stan przełącznika może być zmieniany za pomocą klawiatury termostatu lub w czasie obsługi zdalnej z klawiatury telefonu.

Przełączenie termostatu w tryb pracy ręcznej w połączeniu z możliwością obsługi przez telefon sprawia, że termostat może stać się przełącznikiem sterowanym telefonicznie, dzięki któremu można włączyć lub wyłączyć urządzenie podłączone do przełącznika wykonawczego. Oprócz sterowania termostatem z klawiatury oraz ze zdalnego telefonu w trybie odbioru połączenia przychodzącego możliwe jest sterowanie przy pomocy lokalnego aparatu telefonicznego podłączonego do tej samej linii telefonicznej. Daje to możliwość sterowania termostatem na przykład z innego pomieszczenia lub telefonu bezprzewodowego bez konieczności po-

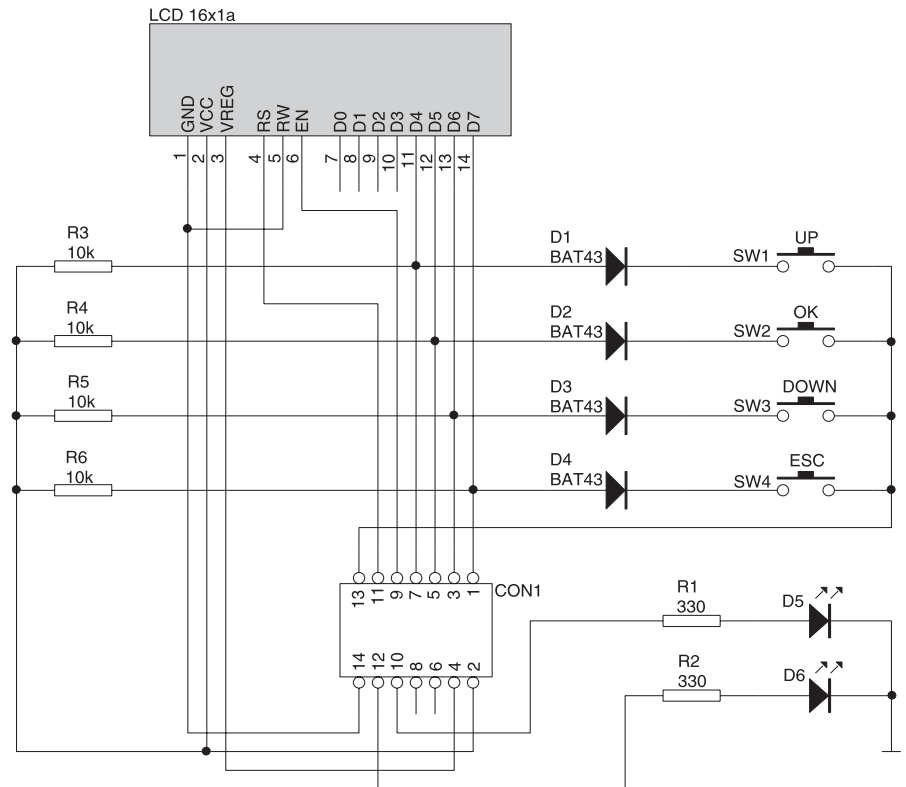


**Podstawowe funkcje i możliwości termostatu:**

- pomiar temperatury w zakresie 0°C...99°C z rozdzielczością 0,1°C,
- nadzorowana temperatura może być ustawiona w zakresie 0°C...99°C z rozdzielczością 1°C,
- ustawiona temperatura może być nadzorowana z programowaną dokładnością (histerezą) w zakresie 0,1°C...2°C,
- wynik pomiaru temperatury oraz wartość nadzorowanej temperatury wyświetlany jednocześnie na wyświetlaczu alfanumerycznym,
- możliwe dwa tryby pracy: automatyczny oraz ręczny,
- może współpracować z linią telefoniczną (medium zdalnego sterowania),
- podczas zdalnej obsługi (za pomocą telefonu z DTMF) wszelkie informacje na temat stanu termostatu oraz dostępnych funkcji są przekazywane w postaci komunikatów głosowych,
- podczas obsługi zdalnej można uzyskać informacje o temperaturze panującej w pomieszczeniu, w którym jest umieszczony czujnik temperatury oraz o stanie przekaźnika wykonawczego,
- przełączenie termostatu w tryb pracy ręcznej umożliwia dowolne włączanie i wyłączenie przekaźnika wykonawczego, dzięki czemu termostat może pełnić rolę przekaźnika sterowanego telefonicznie,
- możliwość zmiany liczby dzwonek, po których połączenie przychodzące zostanie odebrane przez termostat,
- możliwość wyłączenia obsługi zdalnej,
- dostęp do zdalnego programowania termostatu zabezpieczony czterocyfrowym hasłem,
- możliwość sterowania przy pomocy lokalnego aparatu telefonicznego włączonego równolegle z termostatem bez dodatkowych kosztów za rozmowy telefoniczne,
- czujnik temperatury może być oddalony nawet o kilkadziesiąt metrów od płytki sterownika,
- możliwość załączania odbiorników o maksymalnej mocy 3,5 kW.

Q1...Q4. Po „wystawieniu“ na wyjście binarnej wartości odebranego tonu na wyjściu STD układu US3 pojawia się stan wysoki informujący procesor, że został odebrany nowy kod DTMF.

Przełącznik odbiera połączenia przychodzące, musi więc być również wyposażony w detektor dzwonięcia. Do wykrycia prądu dzwonięcia zastosowano transoptor TS1, który wraz z elementami R18, R19, C6, C7, D2 i D3 spełnia rolę „wykrywacza“ napięcia przemiennego pojawiającego się na linii telefonicznej w czasie dzwonięcia. Diody D2 i D3 ograniczają tłumienie sygnałów rozmównych w czasie rozmowy. W przypadku braku diod Zenera w czasie normalnej rozmowy użyteczny sygnał byłby tłumiony przez



Rys. 2. Schemat elektryczny płytki wyświetlacza

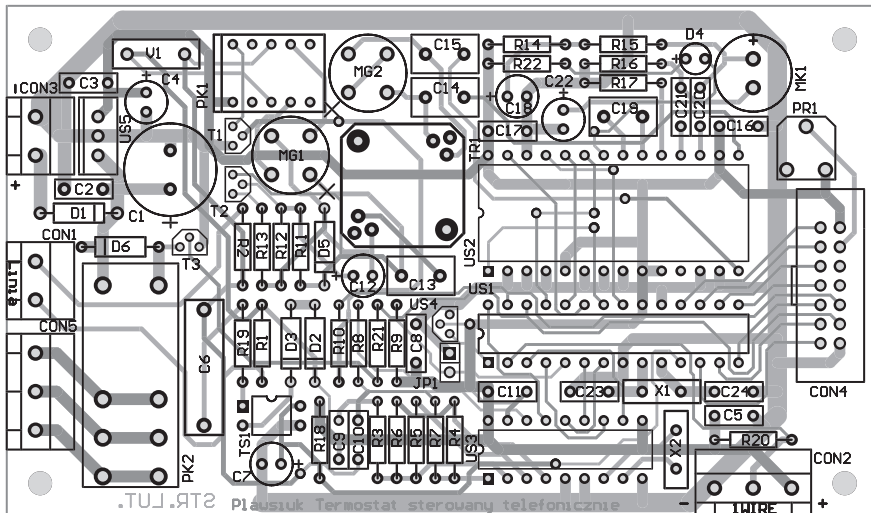
kondensator C6, gdyż linia telefoniczna byłaby zwierana przez jego pojemność i mogłaby ograniczać pasmo rozmówne. O ile w czasie rozmowy nie jest to zbyt problematyczne, o tyle praca na przykład modemu zostałaby zakłócona.

W czasie rozmowy na linii telefonicznej panuje napięcie około 10 V, więc zastosowane diody Zenera powodują blokowanie sygnałów o amplitudzie mniejszej niż 15 V, dlatego w czasie rozmowy odłączają one kondensator C6. Prąd dzwonięcia o znacznie wyższej amplitudzie napięcia jest „przepuszczany“. Zastosowany transoptor po stronie wejściowej składa się z dwóch diod świecących połączonych przeciwobnie, co powoduje, że oświetlanie fototranzystora przez diody następuje w przypadku pojawienia się prądu o dowolnej polaryzacji. W zależności od polaryzacji świeci jedna z dwóch diod.

Zastosowanie transoptora dodatkowo oddziela galwanicznie mikrokontroler od linii telefonicznej. Układ całkowity zbudowany z rezystora R18 i kondensatora C7 powoduje, że detektor dzwonięcia jest nieczuły na chwilowe impulsy powstające przy podnoszeniu i odkładaniu słuchawki telefonu.

Kolejnym, istotnym fragmentem urządzenia jest moduł komutacji termostatu z linią telefoniczną. W torze przesyłania dźwięków pracuje przekaźnik PK1, służący do obciążania linii telefonicznej sztucznym obciążeniem symulującym aparat telefoniczny. Przekaźnik jest włączany przy pomocy tranzystora T1, dioda świecąca D5 (na płycie wyświetlacza) sygnalizuje, czy przekaźnik jest załączony czy też rozłączony. Mostek prostowniczy wraz z tranzystorem T2, rezystorami R11, R12, R13 i kondensatorem C12 po dołączeniu do linii telefonicznej stanowi obciążenie dla składowej stałej sygnału i powodując obniżenie napięcia do około 10 V „zajmuje“ linię telefoniczną. Jednocześnie dla sygnałów rozmównych nie wprowadzają tłumienia. Dioda Zenera D5 zabezpiecza tranzystor T2 przed zbyt wysokim napięciem pojawiającym się pomiędzy emiterem i kolektorem do wartości równej 15 V.

Linia telefoniczna jest narażona na indukowanie się wysokich napięć, dlatego został nałożony szczególny nacisk na ochronę wszystkich podzespołów przełącznika. Warystor V1 wraz z rezystorami R1 i R2 pracują jako zabezpieczenie przed wysokimi napięciami, powo-



Rys. 3. Schemat montażowy płytki sterownika

dując zwieranie linii w przypadku pojawienia się na niej napięcia przekraczającego 140 V. W tym czasie cały prąd płynie również przez rezystory R1 i R2, jeśli taki stan będzie trwał zbyt długo, to rezystory te ulegną uszkodzeniu, stanowią więc one pewnego rodzaju zabezpieczenie prądowe.

Aby zabezpieczyć wzmacniacz wyjściowy układu US2 dołączanego do linii telefonicznej, zastosowano separację galwaniczną w postaci transformatora TR1, kondensator C13 eliminuje składową stałą sygnału od uzwojenia pierwotnego transformatora. Mostek prostowniczy MG2 zabezpiecza przed indukowaniem się wysokich napięć w uzwojeniu wtórnym transformatora, kondensatory C14 i C15 oddzielają składową stałą sygnału z wyjścia wzmacniacza układu US2. Takie środki ostrożności są konieczne, aby nie został uszkodzony układ US2 w wyniku przepięcia często występujących szczególnie w długich liniach kablowych lub napowietrznych.

Układem najważniejszym z punktu widzenia użytkownika jest US2. Znacznie ułatwia on obsługę

przełącznika podczas zdalnej zmiany parametrów, bowiem dzięki informacjom głosowym użytkownik dokładnie wie, na jakim etapie obsługi się znajduje. Układ ten umożliwia zapis informacji słownych o łącznym 75 sekund. Komunikaty zostają zapisane w wewnętrznej nieulotnej pamięci tego układu, następnie mogą być w dowolny sposób odtworzone. Układ ISD2575 zawiera wzmacniacz mikrofonowy, do którego został dołączony poprzez kondensatory C20 i C21 mikrofon pojemnościowy MK1. Rezystory R14...R16 i kondensator C18 zasilają mikrofon. Wbudowany w układ wzmacniacz sygnału wyjściowego umożliwia bezpośrednie wysterowanie głośnika, więc możliwe jest również bezpośrednie podłączenie tego wyjścia do transformatora separującego TR1, bez stosowania dodatkowego wzmacniacza.

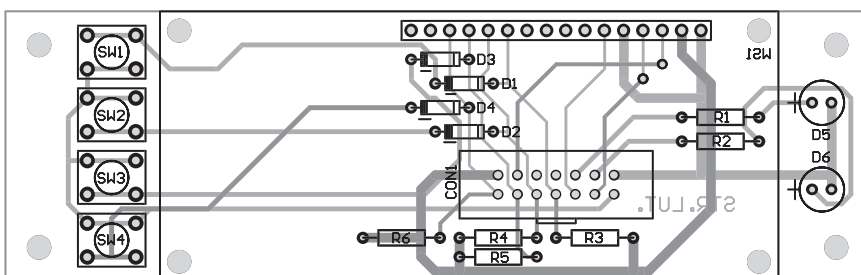
Do pomiaru temperatury zastosowano specjalizowany układ typu DS1820. Dzięki cyfrowemu interfejsowi cała analogowa część pomiaru jest wykonywana przez ten układ, a procesor otrzymuje wartość zmierzonej temperatury w po-

staci cyfrowej. Komunikacja pomiędzy układem DS1820, a mikrokontrolerem odbywa się za pomocą szeregowej jedнопроводowej magistrali 1-Wire. Wynik pomiaru podawany jest z rozdzielczością 0,5°C, lecz dzięki odczytowi rejestrów temperatury i wartości liczników oraz wykonaniu kilku operacji matematycznych, można ją zwiększyć do 0,1°C. przy podanych wartościach elementów układ modelowy pracował bez problemów na skrajce telefonicznej o długości 60 metrów.

Jako układ wykonawczy łączący urządzenie grzewcze zastosowano przekaźnik PK2. Przekaźnik ten umożliwia przewodzenie prądu o maksymalnej wartości 16 A, co w konsekwencji daje moc załączaną w granicach 3,5 kW.

Do zasilania termostatu zastosowano stabilizator napięcia 5V typu LM7805. Kondensatory C1...C4 wygładzają napięcie zasilające, a dioda D1 zabezpiecza przed odwrotną polaryzacją napięcia zasilającego.

Na rys. 2 przedstawiono schemat elektryczny modułu wyświetlacza i klawiatury. Wyświetlacz alfanumeryczny wyświetla komunikaty tekstowe niezbędne podczas programowania i obsługi termostatu. Dioda D5 sygnalizuje stan linii telefonicznej, a dioda D6 stan przekaźnika wyjściowego. Aby ograniczyć liczbę połączeń pomiędzy płytka sterownika i wyświetlacza do szyny danych wyświetlacza została dołączona klawiatura, co pozwoliło na zmniejszenie o trzy liczby potrzebnych połączeń z płytka sterownika. Rezystory R3...R6 są rezystorami podciągającymi i wymuszają stan wysoki na szynie danych w czasie odczytu stanu klawiatury. W celu odczytania stanu klawiatury procesor przełącza wyprowadzenia sterujące podłączone do wyprowadzeń D4...D7 w tryb wejścia. Gdy żaden klawisz nie został naciśnięty, to procesor odczytuje same jedynki wymuszone rezystorami podciągającymi. Naciśnięcie klawisza powoduje wymuszenie zera na odpowiednim wejściu procesora. Włączone w szereg z przyciskami diody umożliwiają podawanie przez przycisk tylko masy, plus zostanie zablokowany przez te diody. Dzięki temu klawisze są



Rys. 4. Schemat montażowy płytki wyświetlacza



## WYKAZ ELEMENTÓW

## Płytki głównej

## Rezystory

R1, R2: 10Ω  
 R3: 100kΩ  
 R4: 47kΩ  
 R5, R6: 100kΩ  
 R7: 100kΩ  
 R8: 300kΩ  
 R9: 1kΩ  
 R10: 4,7kΩ  
 R11: 39kΩ  
 R12: 22kΩ  
 R13: 10Ω  
 R14...R16: 1,5kΩ  
 R17: 470kΩ  
 R18: 100kΩ  
 R19: 10kΩ  
 R20: 1kΩ  
 R21: 4,7kΩ  
 R22: 1kΩ  
 PR1: potencjometr 10kΩ montażowy

## Kondensatory

C1: 1000μF/16V  
 C2, C3: 100nF  
 C4: 100μF/16V  
 C5: 100nF  
 C6: 220nF/250V  
 C7: 4,7μF/16V  
 C8: 100nF  
 C9, C10: 10nF  
 C11: 100nF  
 C12: 10μF/16V  
 C13...C15: 1μF polipropylenowy  
 C16, C17: 100nF  
 C18: 100μF/16V  
 C19: 1μF polipropylenowy  
 C20, C21: 100nF  
 C22: 4,7μF/16V  
 C23, C24: 30pF

## Półprzewodniki

D1: 1N4007

D2, D3: Dioda Zenera 15V  
 D4: LED 3mm czerwona  
 D5: Dioda Zenera 15V  
 D6: 1N4007  
 MG1, MG2: mostek prostowniczy 1A/400V  
 T1, T3: BC547  
 T2: BC517  
 TS1: SFH620A-3  
 US1: PIC16F876 (zaprogramowany)  
 US2: ISD2575  
 US3: MT8870  
 US4: DS1813  
 US5: LM7805  
 US6: DS1820

## Różne

CON1, CON3: ARK2 (5mm)  
 CON2, CON5: ARK3 (5mm)  
 CON4: goldpin 7x2 męski  
 PK1: przekaźnik OMRON 5V Typ G6H  
 PK2: przekaźnik RM 94P-12-S  
 V1: warystor SIOV-S10K140  
 X1: rezonator kwarcowy 4MHz  
 X2: rezonator kwarcowy 3,579MHz  
 MK1: mikrofon pojemnościowy  
 TR1: transformator 600/600 TR136-2  
 Złącze FC-14P 2 szt.  
 Przewód taśmowy 14 żył - 15 cm.

## Płytki wyświetlacza

## Rezystory

R1, R2: 330Ω  
 R3...R6: 10kΩ

## Półprzewodniki

D1...D4: BAT43  
 D5: dioda LED 5mm zielona  
 D6: dioda LED 5mm czerwona

## Różne

SW1...SW4: mikroswitch h=10mm  
 CON1: goldpin 7x2 męski  
 Wyświetlacz alfanumeryczny 16\*1a

aktywne tylko wtedy, gdy na wyprowadzeniu portu RC1 pojawi się stan zero.

Jeśli na tym wyjściu jest jedynka, to diody D1...D4 nie pozwalają na przedostanie się sygnału do linii danych wyświetlacza, co zabezpiecza przed zakłóceniami spowodowanymi przez naciskanie przycisków, gdy mikrokontroler „rozmawia” z wyświetlaczem.

## Montaż i uruchomienie

Montaż rozpoczynamy od płytki sterownika (schemat montażowy na rys. 3). Ze względu na duże upakowanie elementów na-

leży zwrócić szczególną uwagę na poprawność montażu. Elementy montujemy poczynając od rezystorów, następnie diody oraz podstawki pod układy scalone. Gdy wlotujemy już elementy najniższe montujemy kondensatory oraz złącza, na końcu montujemy przekaźniki i transformator TR1.

Jeśli płytka sterownika została poprawnie zmontowana, przejdziemy do montażu płytki wyświetlacza (schemat montażowy na rys. 4). W pierwszej kolejności montujemy rezystory R3...R6 i diody D1...D4, następnie złącze CON1. Diody świecące D5 i D6, wyświet-

lacz oraz przyciski SW1...SW4 montujemy od strony lutowania.

Po zmontowaniu obydwu płytek należy jeszcze wykonać kabel łączący płytkę sterownika z płytka wyświetlacza. Kabel ten wykonujemy przy pomocy odcinka przewodu taśmowego, 14-żyłowego o długości około 15 cm. Z obydwu końców przewód należy zakończyć złączami typu FC-14, w taki sposób, aby numery styków złącza CON4 na płytce sterownika były połączone z odpowiadającymi stykami złącza CON1 na płytce wyświetlacza.

Po wlutowaniu wszystkich elementów przystępujemy do uruchomienia termostatu, w tym celu do złącza CON3 dołączamy napięcie zasilania o wartości około 12V (układy scalone wyciągnięte z podstawek) i sprawdzamy miernikiem czy napięcia na wyjściu stabilizatora i na odpowiednich wyprowadzeniach podstawek układów scalonych (według schematu) wynoszą 5 V. Jeśli napięcia odpowiadają założonym wyłączamy zasilanie i montujemy układy scalone, łączymy wykonanym wcześniej przewodem obie płytki, do złącza CON2 podłączamy czujnik temperatury US6, następnie ponownie włączamy zasilanie.

Czujnik temperatury może być oddalony od płytki sterownika nawet o kilkadziesiąt metrów, do połączenia go z płytka sterownika można wykorzystać kabel telefoniczny (2x2).

Jeśli płytki przełącznika zostały zmontowane poprawnie, to po włączeniu zasilania, należy potencjometrem PR1 ustawić odpowiedni kontrast wyświetlacza i na wyświetlaczu pojawi się napis (prawdopodobnie z inną wartością temperatury):

T=21.5°C < 28°C

Jeżeli tak nie jest, należy ponownie sprawdzić poprawność montażu. Jeśli termostat został uruchomiony poprawnie, to przechodzimy do procedury programowania.

**Krzysztof Pławiuk, EP**  
[krzysztof.plawsiuk@ep.com.pl](mailto:krzysztof.plawsiuk@ep.com.pl)

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: [pcb.ep.com.pl](http://pcb.ep.com.pl) oraz na płycie CD-EP12/2003B w katalogu PCB.