

Sterownik silnika krokowego z interfejsem MODBUS, część 2

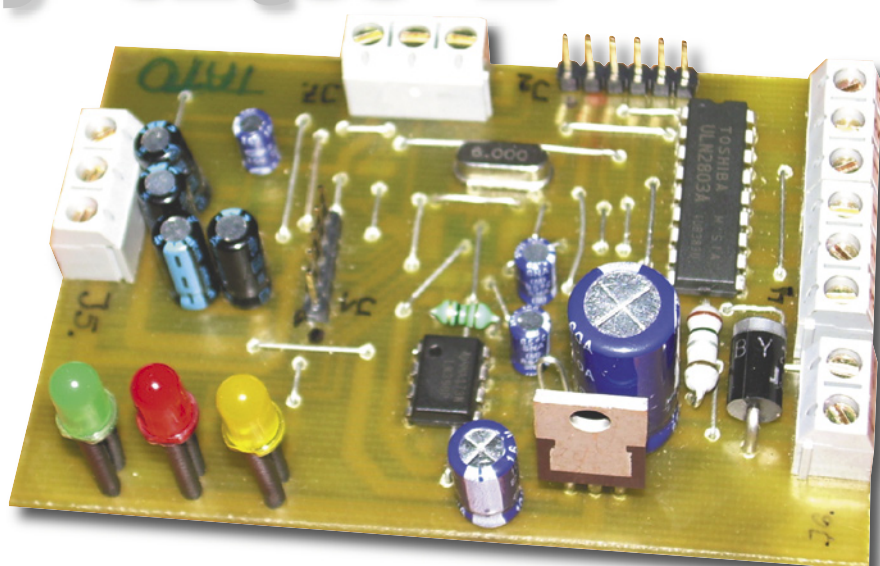
AVT-5137

Sterowanie silnikami krokowymi nie jest wielką sztuką, jednak na naszych łamach pojawia się raczej niewiele artykułów poruszających tę tematykę.

Nadrabiając zaległości prezentujemy projekt sterownika wykorzystującego protokół MODBUS.

Rekomendacje:

to projekt, który powinien zainteresować głównie automatyków i nie tylko dlatego, że do komunikacji z komputerem wykorzystano protokół MODBUS.

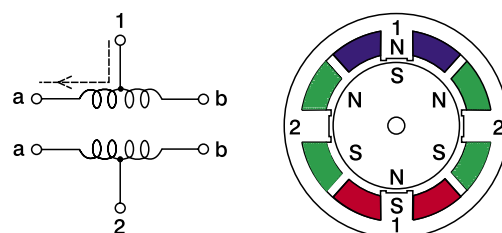


Użytkowanie urządzenia

Zaprezentowany tutaj sterownik pełną funkcjonalność uzyskuje współpracując z komputerem, jednak istnieje możliwość sterowania silnikiem krokowym z wykorzystaniem klawiatury, co wymaga wcześniejszego skonfigurowania sterownika za pomocą komputera. Uzyskujemy wówczas możliwość sterowania kierunkiem oraz prędkością silnika, który porusza się do momentu zatrzymania lub aktywacji sygnału z czujnika krańcowego. Przycisk podłączony do linii PC2 służy do wyboru kierunku ruchu oraz zatrzymania silnika, kolejne wciskanie klawisza powoduje cyklicznie obracanie się silnika w lewo, zatrzymanie silnika oraz obracanie się silnika w prawo. Wcisnięcie przycisku podłączonego do linii PC3 powoduje cykliczne zwiększanie prędkości silnika, aż do wartości maksymalnej, która wcześniej powinna być zdefiniowana za pomocą komputera. Wcisnięcie klawisza podłączonego do linii PC4 powoduje natomiast zmniejszenie prędkości silnika. Do złącza J6 należy podłączyć napięcie zasilające o wartości odpowiadającej nominalnemu napięciu silnika. Do złącza J3

oraz J4 należy podłączyć uzwojenia silnika krokowego. Jest tak w przypadku, gdy korzystamy z silnika 2-fazowego z odczepem w środku o budowie jak na rys. 5. Opis sygnałów na złączach J3 i J4 przedstawiono w tab. 1.

Opis sygnałów na złączach J3 i J4 w przypadku wykorzystywania silnika 4-fazowego (na przykład z posuwu głowicy dysku twardego)



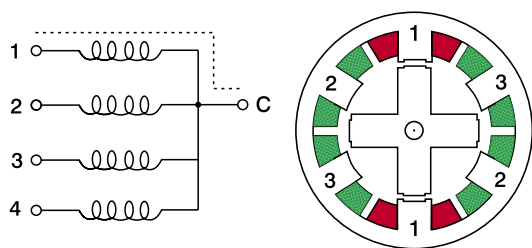
Rys. 5. Wyprowadzenia silnika 2-fazowego z odczepem w środku

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 105x149 mm
- Zasilanie: 8...35 V
- Maksymalny pobór prądu jednej cewki silnika: 1 A
- Sterowanie silników 2- i 4-fazowych
- Praca w trybie pół-krokowym i pełno-krokowym
- Zatrzymanie silnika po dojściu do określonej pozycji lub otrzymaniu sygnału z wyłącznika krańcowego
- Pomiar napięcia zasilającego silnik
- Pomiar prądu pobieranego przez silnik
- Możliwość użycia czujników krańcowych typu NC/NO
- Komunikacja: RS232 9600,n,8,1 protokół MODBUS RTU
- Sygnalizacja podstawowych stanów pracy za pomocą diod LED

Tab. 1. Opis sygnałów na złączach J3 i J4 w przypadku sterowania silnikiem 2-fazowym z odczepem w środku

Złącze sterownika	Zacisk silnika	Silnik EPM-4201 oraz EPM-3201
J3-1	1a	Różowy
J3-2	1	Szary
J3-3	1b	Biały
J4-3	2a	Niebieski
J4-2	2	Szary
J4-1	2b	Pomarańczowy



Rys. 6. Wyprowadzenia silnika 4-fazowego

Tab. 2. Opis sygnałów na złączach J3 i J4 w przypadku sterowania silnikiem 4-fazowym

Złącze sterownika	Zacisk silnika	Silnik MSJE200A21
J3-1	2	Żółty
J3-2	-	-
J3-3	1	Czarny
J4-3	3	Brązowy
J4-2	C	Czerwony
J4-1	4	Pomarańczowy

o budowie jak na rys. 6 przedstawiono w tab. 2.

W przypadku, gdy nie posiadamy dokumentacji silnika, uzwojenia wspólne oraz typ silnika możemy łatwo zidentyfikować wykorzystując do tego celu omiomerz. Dla silnika 4-fazowego z wyprowadzonym jednym końcem uzwojenia wspólnego, każde wyprowadzenie w stosunku do innego wyprowadzenia posiada jakąś rezystancję. Natomiast wspólny koniec posiada rezystancję R/2 w stosunku do innych wyprowadzeń. Unipolarny silnik 2-fazowy możemy zidentyfikować na podstawie tego, że jedna część uzwojenia jest oddzielona od drugiego, a uzwojenie środkowe posiada rezystancję R/2 w stosunku do pozostałych uzwojeń. Jeżeli chcemy skorzystać z sygnałów krańcowych, do złącza J7 należy podłączyć czujniki krańcowe typu normalnie otwartego, lub normalnie zamkniętego. Czujnik sygnału „lewo” podłączamy pomiędzy zaciski 1 i 3, natomiast czujnik sygnału „pravo” pomiędzy zaciski 1 i 2. Należy pamiętać, aby do wejść czujników krańcowych podłączać tylko obwody stykowe.

Do złącza J5 dołączamy kabel RS232 z komputera PC. W przypadku, gdy w komputerze PC posiada-

Tab. 3. Opis sygnałów na złączu J5

Nr pinu w złączu sterownika	Numer pinu w złączu DB9 (PC)
J5-1	5
J5-2	3
J5-3	2

my małe złącze DB9 wyprowadzenia sygnałów podano w tab. 3.

Jeżeli chcemy sterować silnikiem autonomicznie z użyciem klawiatury, do złącza J1 należy podłączyć 3 przyciski normalnie otwarte pomiędzy zaciski (1, 5), (2, 5) i (3, 5). Należy pamiętać, że nie jest możliwe równoczesne sterowanie z klawiatury i z komputera PC, a wyboru interfejsu sterującego silnikiem dokonujemy z komputera poprzez interfejs RS232. Wstępny stan sterownika można określić na podstawie sygnalizacji prezentowanej za pomocą trzech diod LED. Gdy sterownik porusza silnikiem, wówczas mruga albo dioda żółta (silnik porusza się w lewo), albo zielona (silnik porusza się w prawo). Po zatrzymaniu silnika poprzez czujnik krańcowy wybrana dioda kierunku zapala się światłem ciągłym (kierunek prawo – zielona, kierunek lewo – żółta). Zanik sygnału z czujnika nie powoduje zgaśnięcia diody, aż do momentu wydania następnego rozkazu ruchu dla sterownika. Gdy silnik dojedzie do wybranej pozycji pośredniej zadanej z komputera

lub zostanie zatrzymany sygnałem stop w pozycji pośredniej, wówczas wszystkie diody będą wyłączone (pozycja docelowa, która nie jest pozycją końcową). Dioda czerwona sygnalizuje sytuacje alarmowe. Zaczyna mrużyć w momencie, gdy napięcie zasilania nie mieści się w ustalonym przedziale lub prąd pobierany przez silnik przekroczył wartość nominalną. Dokładną przyczynę błędów można określić poprzez odczytanie rejestru statusu A102 przez komputer nadrzędny. W momencie, gdy dioda czerwona mruży (sytuacja alarmowa), ruch silnika zostaje automatycznie zatrzymany oraz zostaje odcięte od niego napięcie sterujące. Do komunikacji z komputerem wykorzystuje się protokół MODBUS RTU. Do dyspozycji mamy szereg rejestrów:

Wszystkie rejestry kontrolno-sterujące są przechowywane w ulotnej pamięci SRAM i zawartość ich jest tracona po wyłączeniu napięcia zasilającego.

Wszystkie rejestry konfiguracyjne są zapamiętywane w nieulotnej pamięci, więc zawartość ich jest przechowywana nawet po wyłączeniu napięcia zasilającego. Zawartość

Tab. 4. Rejestry kontrolno-sterujące

Symbol	Opis funkcji rejestru	Adres rejestru	Rozmiar rejestru [bajty]	Rodzaj operacji Read – R Write – W	Nr funkcji Modbus
VOLTAGE	Napięcie zasilające (w 10 mV) 12 V=1200	A100	2	R	3
CURRENT	Prąd zasilający (mA)	A101	2	R	3
STATUS	Rejestr statusu silnika	A102	2	R	3
CURR_POS	Bieżąca pozycja silnika w krokach	A103	4	R/W	3/16
TARGET_POS	Pozycja docelowa silnika w krokach	A105	4	R/W	3/16
SPEED	Rejestr prędkości silnika w krokach na sek.	A107	2	R/W	3/16
COMMAND	Rejestr rozkazów sterownika silnika	A108	2	R/W	3/16

Tab. 5. Rejestry konfiguracyjne

Symbol	Opis funkcji rejestru	Adres rejestru	Rozmiar rejestru [bajty]	Rodzaj operacji Read – R Write – W	Nr funkcji Modbus
MODBUS_ADR	Adres Modbus sterownika	A500	2	R/W	3/16
CONFIG	Rejestr konfiguracyjny sterownika	A501	2	R/W	3/16
U_LOW_LIMIT	Dolny limit napięcia zasilającego w 10 mV	A502	2	R/W	3/16
U_HI_LIMIT	Górny limit napięcia zasilającego w 10 mV	A503	2	R/W	3/16
I_LIMIT	Limit prądu zasilającego silnik w mA	A504	2	R/W	3/16
SPEED_LIMIT	Maksymalna dozwolona prędkość silnika	A505	2	R/W	3/16
CORRECT_U	Rejestr korekcji napięcia	A506	2	R/W	3/16
CORRECT_I	Rejestr korekcji prądu	A507	2	R/W	3/16

Tab. 6. Znaczenie bitów rejestru STATUS

Nr Bitu	Symbol	Opis
0	is_run	Silnik jest uruchomiony
1	target_pos	Silnik zatrzymał się w pozycji docelowej
2	left_sig	Lewy sygnał końcowy był aktywny
3	right_sig	Prawy sygnał końcowy był aktywny
4	u_alarm	Napięcie zasilające poza zakresem pracy silnika
5	i_alarm	Przekroczono maksymalny dozwolony prąd silnika

rejestru STATUS (A101) umożliwia określenie stanu sterownika znaczenie poszczególnych bitów przedstawiono w **tab. 6**.

Flagi alarmów zostają automatycznie wyzerowane po wydaniu nowej komendy dla silnika. Jeżeli silnik poruszał się w lewo i otrzymano alarm prawego sygnału końcowego, oznacza to uszkodzenie czujników krańcowych. Rejestr CONFIG (A501) umożliwia dostosowanie sterownika do posiadanego silnika oraz wybranie rodzaju sterowania.

Rejestr COMMAND (A108) służy do sterowania ruchem silnika. Mo-

Tab. 7. Znaczenie bitów rejestru CONFIG

Nr Bitu	Symbol	Opis
0	mot_4_phase	1 – silnik 4-fazowy 0 – silnik 2-fazowy z uzwojeniem w środku
1	mot_half_step	1 – sterowanie pół krokowe 0 – sterowanie pełno krokowe
2	kbd_control	1 – sterowanie pracą silnika odbywa się za pomocą klawiatury 0 – sterowanie pracą silnika odbywa się za pomocą komputera
3	nc_left_pol	1 – sygnał końcowy lewy typu NC (Normal Closed) 0 – sygnał końcowy lewy typu NO (Normal Open)
4	nc_right_pol	1 – sygnał końcowy prawy typu NC (Normal Closed) 0 – sygnał końcowy prawy typu NO (Normal Open)
5	stop_left_pwr	1 – zatrzymanie silnika zostawia zasilanie (moment obrotowy) 0 – zatrzymanie silnika nie zostawia zasilania (momentu obrotowego)

żemy go zapisywać tylko, gdy bit kbd_control ma wartość 0, co oznacza, że pracą silnika sterujemy za pomocą komputera. Do dyspozycji mamy następujące komendy:

Tab. 8. Znaczenie bitów rejestru COMMAND

Komenda	Symbol	Opis
0	STOP	Rozkaz zatrzymania silnika
1	POS	Rozkaz jazdy do wyznaczonej pozycji
2	LEFT	Rozkaz jazdy w lewo do sygnału krańcowego
3	RIGHT	Rozkaz jazdy w prawo do sygnału krańcowego
4	SAVE_POS	Rozkaz zapamiętania pozycji silnika w nieulotnej pamięci EEPROM

Uwaga: Wydanie rozkazu dla kontrolera silnika odbywa się poprzez zapisanie rejestru COMMAND. Wydanie rozkazu jest możliwe tylko w przypadku, gdy sterownik nie wykonuje żadnego rozkazu (stan STOP). Wykonanie stanu STOP jest możliwe zawsze.

Odczyt tego rejestru umożliwia określenie stanu silnika, na przykład czy sterownik pozostaje w fazie wykonywania rozkazu. Pewnego komentarza może wymagać komenda SAVE_POS, która służy do zapamiętania bieżącej pozycji w nieulotnej pamięci EEPROM. Pozycja ta zostaje automatycznie odtworzona po ponownym włączeniu zasilania sterownika. Pozycja silnika w jakiej się znajduje nie jest z każdą zmianą automatycznie zapisywana w pamięci EEPROM, ponieważ pamięć ta charakteryzuje się ograniczoną liczbą cykli zapisu. Zapisanie pozycji w tej pamięci poprzez wydanie tego rozkazu powinniśmy więc dokonać w momencie, gdy zamierzamy wyłączyć zasilanie sterownika. Po ponownym włączeniu zasilania sterownika bieżąca pozycja silnika zostanie automatycznie odtworzona.

Rejestry pozycji CURR_POS oraz TARGET_POS to 32-bitowe rejestry typu signed long określające bieżącą oraz docelową pozycję silnika. Muszą być one odczytywane i zapisywane w całości odpowiednio funkcjami 3 oraz 16. Na przykład wpisanie do rejestru TARGET_POS wartości -1000, podczas gdy rejestr CURR_POS zawiera wartość 0 oraz wydanie komendy ruchu do wybranej pozycji spowoduje wykonanie

przez silnik 1000 kroków w lewo. Przy pierwszym uruchomieniu sterownika należy silnik ręcznie ustawić w znanej pozycji, i tę znaną pozycję wpisać do rejestru CURR_POS, a następnie zapamiętać w nieulotnej pamięci EEPROM. Bieżącą pozycję należy zawsze zapamiętać w pamięci EEPROM przed wyłączeniem zasilania sterownika poprzez wydanie komendy SAVE_POS. Jeśli tego nie zrobimy, utracimy informację o bieżącej pozycji silnika.

Rejestr SPEED określa prędkość z jaką porusza się silnik. Zmiana zawartości tego rejestru podczas ruchu powoduje automatyczną zmianę prędkości silnika.

Rejestr VOLTAGE zawiera wartość bieżącego napięcia zasilającego silnik wyrażonego w jednostkach 10 mV. Na przykład, jeżeli rejestr ten zawiera 1234, to napięcie zasilające silnik ma wartość 12,34 V. Rejestry U_LOW_LIMIT oraz U_HI_LIMIT są nieulotne, umożliwiają określenie prawidłowego napięcia zasilającego silnik. Jeżeli napięcie to nie mieści się w wyznaczonym przedziale, wówczas generowana jest odpowiednia flaga alarmu (błyska czerwona dioda) oraz uruchomienie silnika nie jest możliwe. Rejestry te również wyrażają napięcie w jednostkach 10 mV. Przed pierwszym uruchomieniem sterownika należy je poprawnie skonfigurować, w zależności od nominalnego napięcia zasilania silnika.

Rejestr CURRENT wyświetla bieżącą wartość prądu pobieranego przez silnik wyrażoną w mA, natomiast rejestr I_LIMIT zawiera maksymalną, dozwoloną wartość prądu, jaką pobiera silnik, po przekroczeniu której zostaje wygenerowany alarm, a silnik zostanie natychmiast wyłączony. Przed pierwszym uruchomieniem sterownika rejestr ten należy poprawnie skonfigurować, w zależności prądu pobieranego przez silnik.

Rejestr SPEED_LIMIT umożliwia określenie maksymalnej prędkości, z jaką może poruszać się silnik. Rejestr ten przy pierwszym uruchomieniu należy ustawić w zależności od maksymalnej dozwolonej prędkości silnika, tak aby przy ruchu z dużymi prędkościami nie gubił on swojej pozycji.

Rejestry CORRECT_U oraz CORRECT_I służą do wprowadzenia współczynnika korekcji dla toru

pomiaru prądu i napięcia, z uwagi na rozrzuty produkcyjne rezystorów znajdujących się w analogowym torze pomiarowym. Przed pierwszym uruchomieniem sterownika należy przeprowadzić kalibrację wpisując odpowiednie współczynniki korekcyjne do tych rejestrów. Współczynniki te wyznaczamy wg następującego wzoru:

$$C_u = (U_m/U_w) \cdot 1000$$

$$C_i = (I_m/I_w) \cdot 1000$$

gdzie:

C_u – zawartość wpisywana do rejestru CORRECT_U

U_m – napięcie zmierzone w V

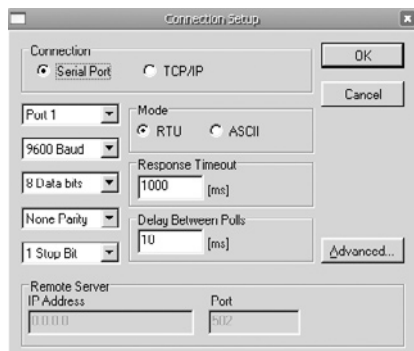
U_w – napięcie wskazywane przez sterownik w rejestrze VOLTAGE wyrażone w V

C_i – zawartość wpisywana do rejestru CORRECT_I

I_m – prąd zmierzony w mA

I_w – prąd wskazywany przez sterownik w rejestrze CURRENT wyrażony w mA

Proces kalibracji układu należy przeprowadzić jednorazowo przed pierwszym użyciem sterownika. Pierwszą czynnością jaką należy wykonać jest ustawienie toru pomiaru napięcia. Aby to zrobić, należy podłączyć woltomierz i zmierzyć napięcie zasilające pomiędzy punktem V_z a masą. Następnie należy odczytać wartość zmierzoną, wskazywaną przez urządzenie oraz wyliczyć współczynnik korekcji, który należy następnie wpisać do rejestru CORRECT_U. Proces kalibracji toru prądowego najłatwiej jest przeprowadzić mierząc miliwoltomierzem spadek napięcia na rezystorze R12 w momencie, gdy silnik jest włączony. Następnie należy odczytać wartość prądu wskazywaną przez sterownik oraz wyliczyć i wpisać do rejestru CORRECT_I odpowiednią wartość.

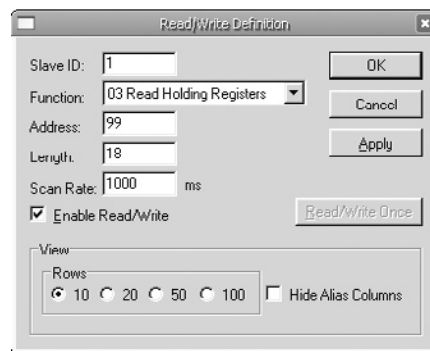


Rys. 7. Ustawianie parametrów transmisji

Mierząc spadek napięcia na rezystorze R12 należy liczyć się z niewielkim błędem wynikającym z tolerancji rezystora, dlatego dokładniejszą kalibrację możemy przeprowadzić wpinając amperomierz w obwód prądowy silnika.

Rejestr MODBUS_ADR określa bieżący adres sterownika w protokole MODBUS. Zmiana zawartości tego rejestru powoduje automatyczną zmianę adresu MODBUS sterownika i następną komenda po zmianie tego rejestru powinna odwoływać się właśnie do tego nowego adresu. Opisany sterownik jest domyślnie skonfigurowany z adresem 1.

W przypadku, gdy nie dysponujemy oprogramowaniem po stronie hosta, do wstępnej konfiguracji możemy wykorzystać jakiś standardowy program służący do obsługi protokołu MODBUS na przykład *ModbusPoll*, który w wersji 30 dniowej możemy ściągnąć ze strony: <http://www.modbustools.com/download/ModbusPoll-4.2.0.exe>. Aby uruchomić komunikację ze sterownikiem, po uruchomieniu programu należy z menu wybrać opcję Connection->Connect, a następnie ustawić prędkość transmisji tak, jak to pokazano na rys. 7.



Rys. 8. Ustalenie zakresu wyświetlanych rejestrów

Po kliknięciu przycisku OK zostało nam jeszcze ustalenie zakresu rejestrów, jakie mają być wyświetlane. Wyświetlać możemy wszystkie rejestry sterownika zgodnie z wcześniejszą ich specyfikacją. Zmianę definicji wyświetlanych rejestrów możemy dokonać wybierając z menu opcję Setup->Read Write Definitions. Możemy wyświetlić obszar rejestrów sterujących, albo obszar rejestrów konfiguracyjnych. Ustawienie okna dialogowego tak jak na rys. 8 powoduje wyświetlenie wszystkich rejestrów sterujących.

Po wciśnięciu przycisku Apply, w polu głównym programu na bieżąco będzie wyświetlana zawartość wszystkich rejestrów sterujących urządzenia. Zapis danego rejestru jest możliwy poprzez wybranie z programu opcji Functions->16 Write Registers, a następnie wybraniu adresu oraz liczby rejestrów jakie chcemy zapisać. Należy tutaj posłużyć się tablicą wcześniej zdefiniowanych rejestrów. Szczegóły opisu protokołu MODBUS przekraczają ramy niniejszego artykułu i zostaną opisane w oddzielnym cyklu poświęconym temu protokołowi.

Lucjan Bryndza, EP
lucjan.bryndza@ep.com.pl

EBS Renomowany producent drukarek INK-JET oferuje wysokiej klasy Ink Jet Systems

Aktywny detektor podczerwieni do zastosowań w układach automatyki i zabezpieczeń

małe wymiary budowy (M18x1)
 duża odporność na zakłócenia
 wbudowany wskaźnik zadziałania
 wyjście odporne na zwarcie
 wykonania PNP, NPN

EBS Ink- Jet Systems Poland Sp. Z o.o.
 ul. Tarnogajska 13, 50-512 Wrocław
 tel. (071) 367 04 11, fax (071) 373 32 89

PRECYZYJNE REZYSTORY METALIZOWANE

Rezystancje od 0,3 Ω do 10 MΩ
 Tolerancje od 0,01% do 0,5%

elpod
 POLSKI PRODUCENT
<http://www.elpod.com.pl> e-mail: biuro@elpod.com.pl

30-716 Kraków
 ul. Przewóz 34
 tel. 012 410-25-50 do 51
 fax 012 410-25-52

Oferujemy ponadto: Rezystory SMD 0805 oraz 1206 10Ω do 1MΩ
 Tolerancje 0,1%; 0,25%; 0,5%; 1%
 TWR 10, 25, 50 ppm/K