

# Stereofoniczny tuner FM

## kit AVT-900



Przedstawiamy dawno zapowiadany projekt stereofonicznego tunera FM. Dzięki zastosowaniu miniaturowego modułu matchbox firmy Philips, całe radio składa się zaledwie z kilkunastu elementów i nie wymaga **żadnego** strojenia, a jego pełną obsługę zapewnia... jedna gałka.

Bardzo wyraźnie zaznacza się we współczesnej elektronice trend „amerykanizacji“. Myślę o jej maksymalnym uproszczeniu. Oprócz szeregu oczywistych wad, z tym trendem związanych jest także szereg zalet, do których zaliczam między innymi możliwość zbudowania doskonałego, stereofonicznego tunera FM bez konieczności nawinięcia lub kupowania jakiegokolwiek cewki. Co więcej, można uniknąć także nad wyraz kłopotliwej procedury strojenia, do przeprowadzenia której niezbędne jest dobrze wyposażone laboratorium.

Jak to wszystko jest możliwe? Otóż Philips opracował układ scalony oznaczony symbolem TEA5757, który w swojej niewielkiej strukturze integruje wszystkie elementy torów radiowych FM i AM oraz jakościowo doskonały dekodery stereofoniczny (schemat blokowy na rys. 1). Dotychczasowe próby takiej integracji, prowadzone m.in. przez Philipsa, nie zachęcały zbyt do stosowania scalonych torów odbiorczych w odbiornikach wyższej klasy, a to ze względu na bardzo słabe parametry jakościowe. Jak widać na rys. 2, konstruktorzy wyciągnęli wnioski z wcześniejszych błędów, dzięki czemu zarówno parametry szumowe, jak zniekształcenia zawarte w sygnale

audio są utrzymane na wręcz doskonałym poziomie.

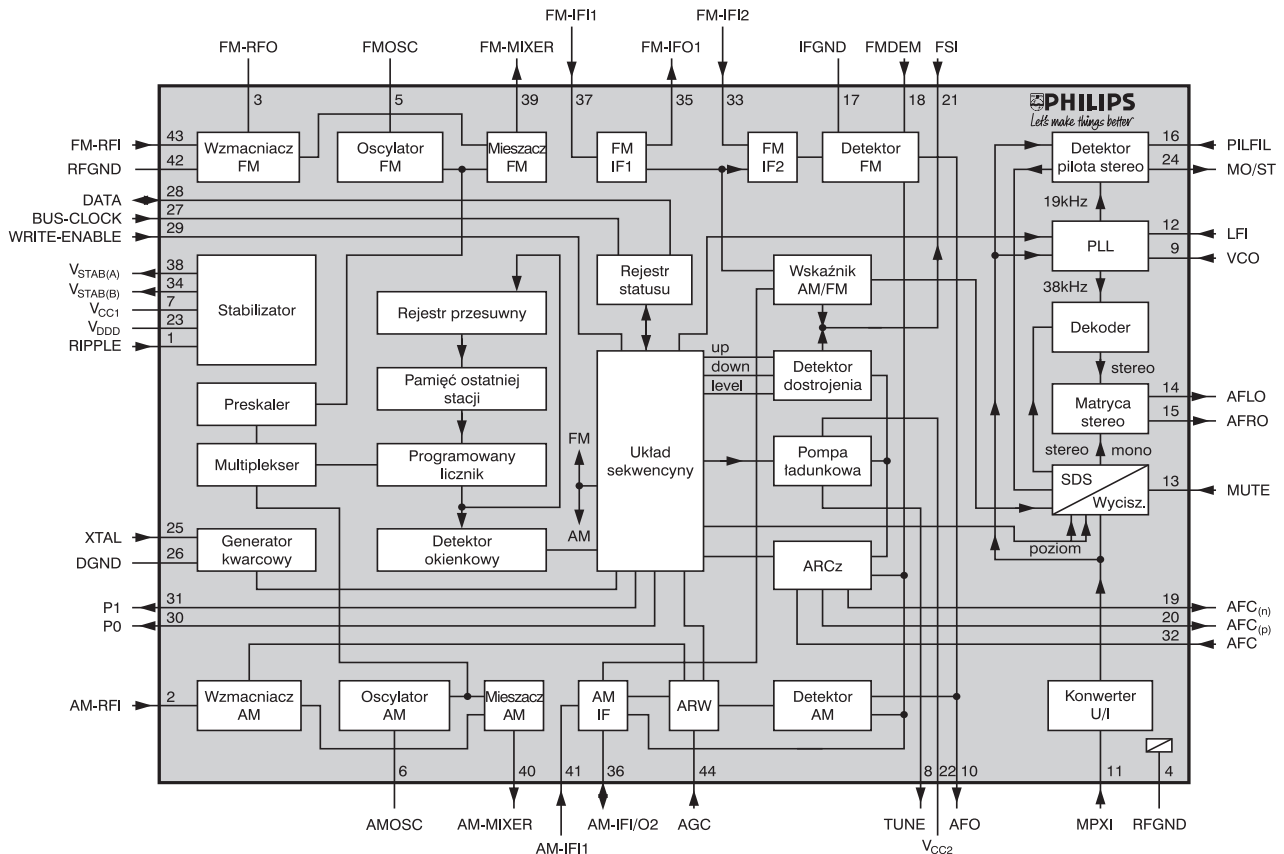
Integracja wszystkich elementów toru odbiorczego w jednej strukturze nie jest jednak najważniejszą dla nas cechą układu TEA5757. Z punktu widzenia łatwości aplikowania tego układu, znacznie większe znaczenie ma zastosowany przez twórców układu sposób jego strojenia. Do tego celu służy łatwy w obsłudze, czteroprzewodowy, synchroniczny interfejs szeregowy. Sposób transmisji danych przez ten interfejs omówię w dalszej części artykułu.

Dalsze uproszczenie układu umożliwił niezwykle pomysł inżynierów firmy Philips, którzy zaprojektowali miniaturowy (i dlatego noszący nazwę *matchbox*) moduł z układem TEA5757. Wymiary płytki drukowanej są tak niewielkie, że możliwe jest upakowanie jej w pudełku od zapa-

**Za miesiąc opublikujemy na CD-EP09/2000 źródłową wersję programu do tunera AVT-900. Wówczas zostanie również ogłoszony konkurs dla programistów na inne wersje tego oprogramowania!**

**Tab. 1. Stany tunera sygnalizowane na wyjściu STEREO.**

Stan na wejściu CLK	Stan na wyjściu STEREO	Opis
0	0	Odbiór sygnału stereo
0	1	Odbiór sygnału monofonicznego
1	0	Odbiornik dostrojony
1	1	Odbiornik nie dostrojony



Rys. 1. Schemat blokowy układu TEA5757.

łek. Pomimo zwnadniczo małych wymiarów, *matchbox* jest kompletnym odbiornikiem FM z wbudowanym dekodernem stereofonicznym i inteligentnym systemem strojenia STR.

### Opis konstrukcji

Tuner składa się z trzech podstawowych bloków funkcjonalnych:

- mikroprocesorowego sterownika z modułem odbiorczym (rys. 3),
- wyjściowego wzmacniacza audio z zasilaczem (rys. 4),
- opcjonalnego dekodera RDS (rys. 5).

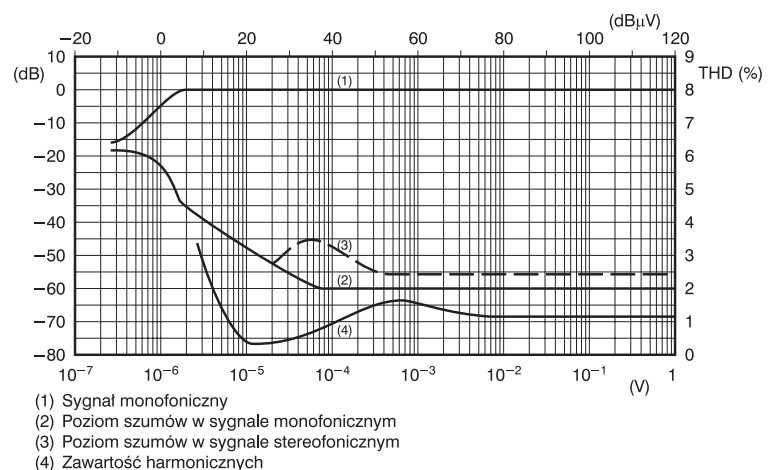
Konstrukcję modułu sterującego można zaliczyć do klasycznych - mikrokontroler US1 zarządza pracą wszystkich elementów tunera. Poprzez port PA (linie PA4..7) steruje pracą modułu US3 OM5610 (katalogowa nazwa *matchboxa*). Trzy najmłodsze bity portu PB oraz cztery najmłodsze bity portu PA wykorzystywane są do współpracy mikrokontrolera z wyświetlaczem LCD (W1). Wyprowadzenia PC0, PC1 oraz PB3 spełniają rolę interfejsu do komunikacji z układem demodulatora RDS. Panel operatora składa się z ciekłokrystalicznego wyświetla-

cza W1, diody LED D1 i - jedna z większych nowości tego układu - dwukierunkowego impulsatora zintegrowanego z przyciskiem zatwierdzającym IMP1. Ze względu na ograniczoną liczbę możliwych do wykorzystania wyprowadzeń mikrokontrolera, transfer danych do i z wyświetlacza odbywa się w trybie 4-bitowym.

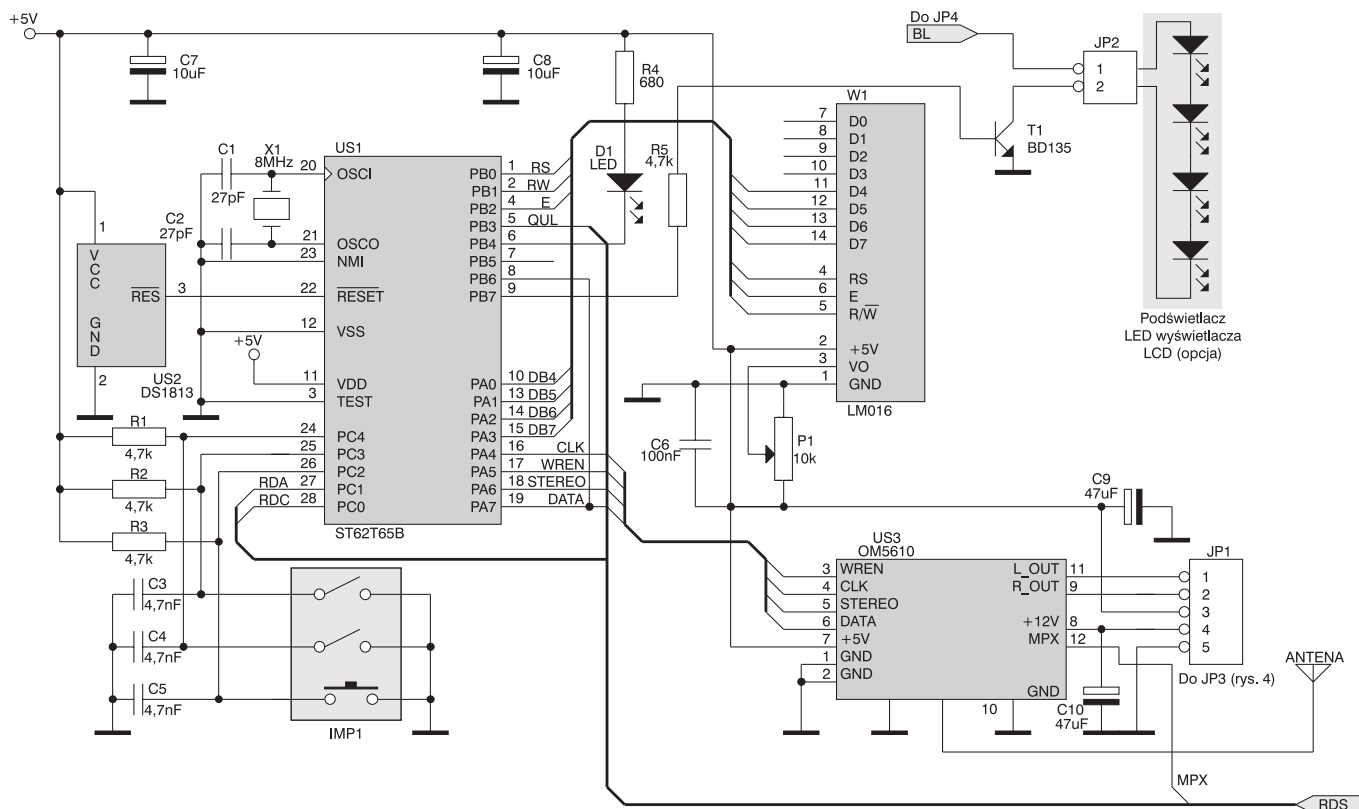
Role pełnione przez pozostałe elementy pokazane na rys. 3 są łatwe do rozpoznania: układ US2 odpowiada za poprawne i pewne zerowanie mikrokontrolera, rezo-

nator X1 wraz z kondensatorami C1 i C2 są elementami kwarcowego generatora o częstotliwości podstawowej 8MHz, potencjometr P1 umożliwia regulację kontrastu wyświetlacza LCD. Ponieważ styki impulsatora dość silnie drgają podczas przełączania, niezbędne okazało się zastosowanie prostych filtrów drgań, których role spełniają układy całkujące R1 i C4, R2 i C3 oraz R3 i C5.

Opcjonalnie przewidziano możliwość zastosowania wyświetlacza W1 z podświetleniem LED. Do



Rys. 2. Charakterystyczne parametry toru audio w układzie TEA5757.



Rys. 3. Schemat elektryczny sterownika tunera.

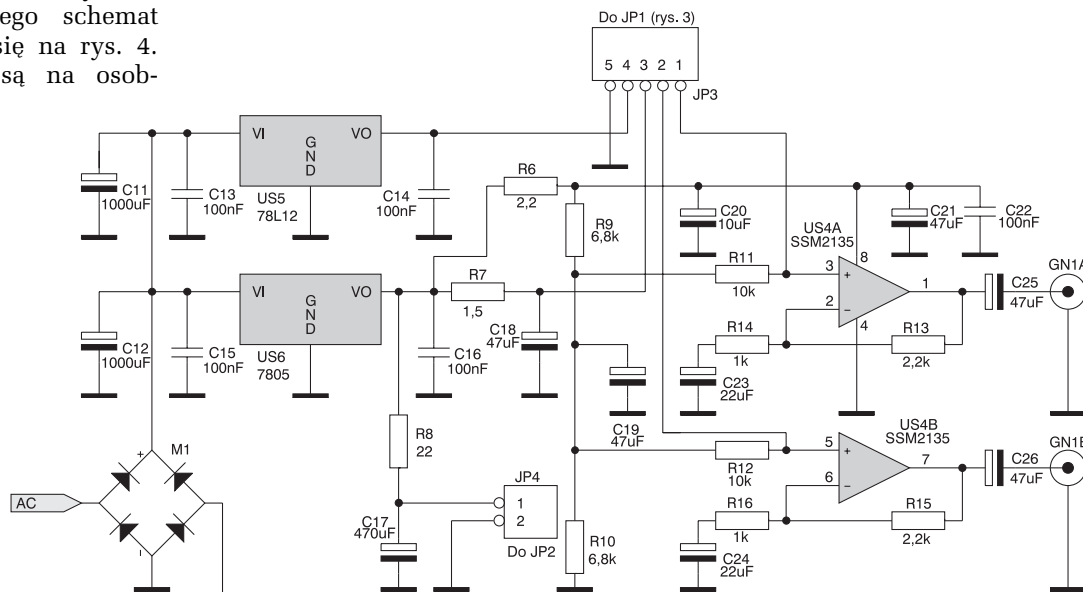
sterowania jasnością podświetlenia można wykorzystać tranzystor mocy T1, którego baza jest sterowana z wyjścia generatora PWM (na wyjściu PB7). W przypadku zastosowania standardowego wyświetlacza (tzn. bez podświetlacza) można zrezygnować z montowania elementów R5 i T1.

Zdekodowane sygnały kanałów lewego i prawego oraz niezbędne napięcia zasilające przekazywane są do/z bloku, którego schemat elektryczny znajduje się na rys. 4. Moduły montowane są na osobnych płytach drukowanych, w związku z czym do ich połączenia są niezbędne złącza JP1 i JP3.

Zasilacz tunera zbudowany jest z mostka prostowniczego w układzie Graetza M1, kondensatorów filtrujących C11, C12, C13 i C15 oraz dwóch scalonych stabilizatorów napięcia (US5 i US6). Układ US5 stabilizuje napięcie o wartości 12V, które jest niezbędne do

poprawnej pracy obwodów strojenia w *matchboxie*. Napięcie wyjściowe stabilizatora U6 jest wykorzystane do zasilania pozostałych elementów tunera. Aby zminimalizować wzajemny niekorzystny wpływ poszczególnych elementów urządzenia, obwody zasilające zostały rozdzielone za pomocą prostych filtrów RC (R6..8, C17, C18, C20..22).

Sygnal audio z wyjść dekodera stereofonicznego (który - przypomnijmy - jest wbudowany w *matchboxa*) podawany jest na wejście prostego wzmacniacza napięciowego, wykonanego na układzie US4. Rezystory R9, R10 spełniają rolę dzielnika napięcia, z wyjścia którego są polaryzowane (poprzez R11 i R12) wejścia nieodwracające wzmacniaczy operacyjnych US4A



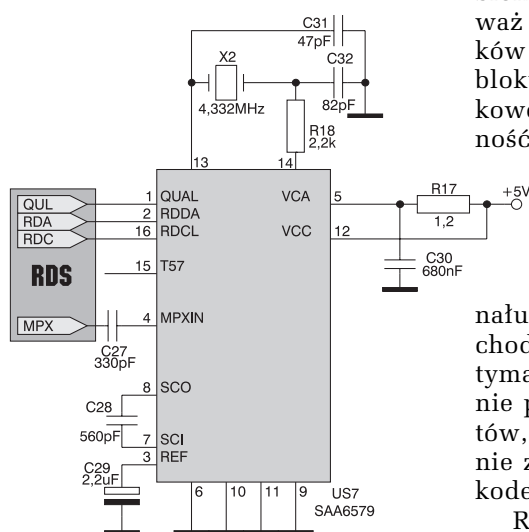
Rys. 4. Schemat elektryczny wzmacniacza wyjściowego i zasilacza.

i B. Współczynnik wzmocnienia napięciowego wzmacniaczy US4 ustalają rezystory R13, R14 (dla US4A) i R15, R16 (dla US4B). Kondensatory C23 i C24 w pętłach ujemnego sprzężenia zwrotnego US4A i B powodują, że występuje ono tylko dla składowej zmiennej sygnału.

### Kłopot z RDS-em

Pierwotnie moim zamierzeniem było zintegrowanie tunera z dekodern RDS-u, dzięki czemu możliwa by była automatyczna identyfikacja stacji i nieco bardziej zautomatyzowane programowanie nastaw. Okazało się jednak, że wybrana przeze mnie realizacja dekodera RDS jest bardzo trudna do praktycznej realizacji. Trudności są wynikiem oszczędności, polegającej na zastosowaniu jednego, przy tym stosunkowo mało wydajnego mikrokontrolera, do kompleksowej obsługi tunera.

Zastosowany w tunerze układ US7 (rys. 5) jest specjalizowanym dekodern „ekstrahującym“ z sygnału MPX cyfrowy sygnał RDS. Na wyprowadzeniach układu US7 otrzymujemy synchronicznie podaną informację cyfrową, przy czym interpretacja znaczenia przychodzących bitów należy całkowicie do mikrokontrolera. Ponieważ sygnał RDS przesyłany jest grupami o długości 104 bitów, niezbędne jest wbudowanie w program interpretujący odpowiednich mechanizmów, dzięki którym początek interpretacji odbieranych informacji oraz synchronizacja



Rys. 5. Schemat elektryczny demodulatora RDS.

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Moduł radiowy i sterowania

##### Rezystory

P1: 10kΩ  
R1, R2, R3: 4,7kΩ  
R4: 680Ω  
R5: 4,7kΩ

##### Kondensatory

C1, C2: 27pF  
C3, C4, C5: 4,7nF  
C6: 100nF  
C7, C8: 10μF/16V  
C9, C10: 47μF/16V

##### Półprzewodniki

D1: dioda LED φ3mm  
T1: BD135  
US1: ST62T65B - zaprogramowany  
US2: DS1813  
US3: OM5610  
W1: impulsator firmy Piher

##### Różne

JP1: złącze 5-szpiłkowe pionowe do druku (wtyk + gniazdo)  
JP2: złącze 2-szpiłkowe pionowe do druku (wtyk + gniazdo)  
X1: 8MHz  
IMP1: impulsator CI-11V15H05ABT  
16-stykowy wtyk gold-pin  
16-stykowe gniazdo gold-pin

#### Moduł wzmacniacza wyjściowego i zasilania

##### Rezystory

R6: 2,2Ω  
R7: 1,5Ω  
R8: 22Ω/1W  
R9, R10: 6,8kΩ  
R11, R12: 10kΩ

R13, R15: 2,2kΩ

R14, R16: 1kΩ

##### Kondensatory

C11, C12: 1000μF/25V  
C13, C14, C15, C16, C22: 100nF  
C17: 470μF/16V  
C18, C19, C21, C25, C26: 47μF/16V  
C20: 10μF/16V  
C23, C24: 22μF/16V

##### Półprzewodniki

M1: 1A/50V  
US4: SSM2135  
US5: 78L12  
US6: 7805

##### Różne

JP3: złącze 5-szpiłkowe pionowe do druku (wtyk + gniazdo)  
JP4: złącze 2-szpiłkowe pionowe do druku (wtyk + gniazdo)  
Z1: podwójne gniazdo cinch do druku

#### Moduł RDS (opcja)

##### Rezystory

R17: 1,2Ω  
R18: 2,2kΩ

##### Kondensatory

C27: 330pF  
C28: 560pF  
C29: 2,2μF/16V  
C30: 680nF  
C31: 47pF  
C32: 82pF

##### Różne

X2: 4,332MHz lub 8,664MHz

bloków będzie właściwa. Ponieważ częstotliwość przesyłania bloków (czas transmisji pojedynczego bloku wynosi 87,6ms) jest stosunkowo duża, podobnie jak złożoność algorytmu śledzenia i synchronizacji z wykorzystaniem tzw. „wolnego koła“ i kontrolą sum CRC, okazało się, że procesor zajęty obróbką odbieranego sygnału zdąży tylko wyświetlić przychodzące komunikaty. Próby zoptymalizowania kodu źródłowego nie przyniosły zachęcających efektów, w związku z czym ostatecznie zaniechałem implementacji dekodera RDS w tunerze.

Rozwiązaniem likwidującym powstałe problemy jest zastosowanie w miejscu US7 zamiast

SAA6579 układu nowej generacji, który oznaczono symbolem SAA6588. Układ ten wyposażono w „inteligencję“, dzięki której układ samoczynnie synchronizuje się z przychodzącym sygnałem, dokonuje korekcji błędnie odebranych bitów, ograniczając wymagania stawiane współpracującemu mikrokontrolerowi. Projekt dekodera RDS z układem SAA6588 przedstawimy w jednym z kolejnych numerów EP.

### Pisz i czytaj, czyli interfejs matchboxa

Jak już wcześniej wspominałem, moduł tunera US3 programowany jest poprzez czteroprzewodowy, szeregowy interfejs synchroniczny. Na rys. 6 znajdują się

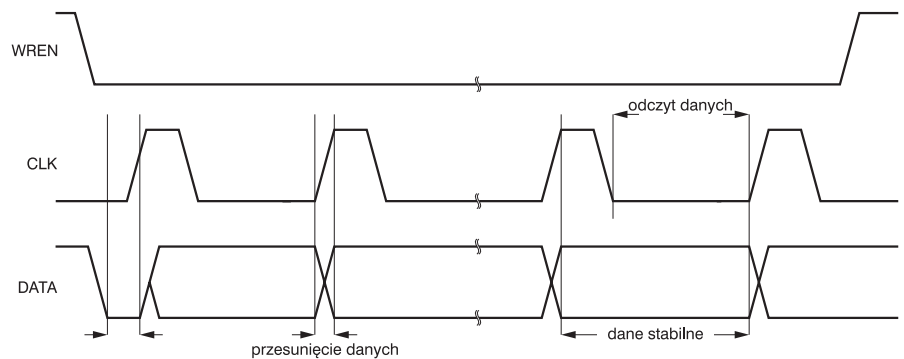
przebiegi czasowe do odczytu danych z rejestru statusu układu TEA5757 (stanowiącego „mózg“ modułu US3), natomiast przebiegi z rys. 7 są do zapisu danych do niego.

Na obydwu rysunkach są widoczne tylko trzy sygnały interfejsu. Czwarty z nich, oznaczony *STEREO*, służy do identyfikacji aktualnego stanu tunera, co jest widoczne w tab. 1.

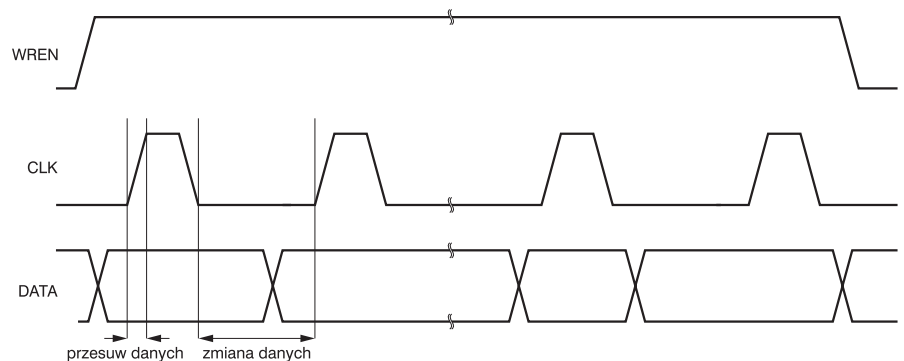
Jak można zauważyć, komunikacja pomiędzy mikrokontrolerem a modułem tunera US3 jest stosunkowo prosta, jedyną trudność może stanowić nietypowa długość słowa, która wynosi 25 bitów. Szczegóły przedstawię w następnym numerze EP.

**Piotr Zbysiński, AVT**  
**piotr.zbysinski@ep.com.pl**

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP08/2000 w katalogu PCB.



Rys. 6. Przebiegi podczas odczytu danych z *matchboxa*.



Rys. 7. Przebiegi podczas wpisu danych do *matchboxa*.