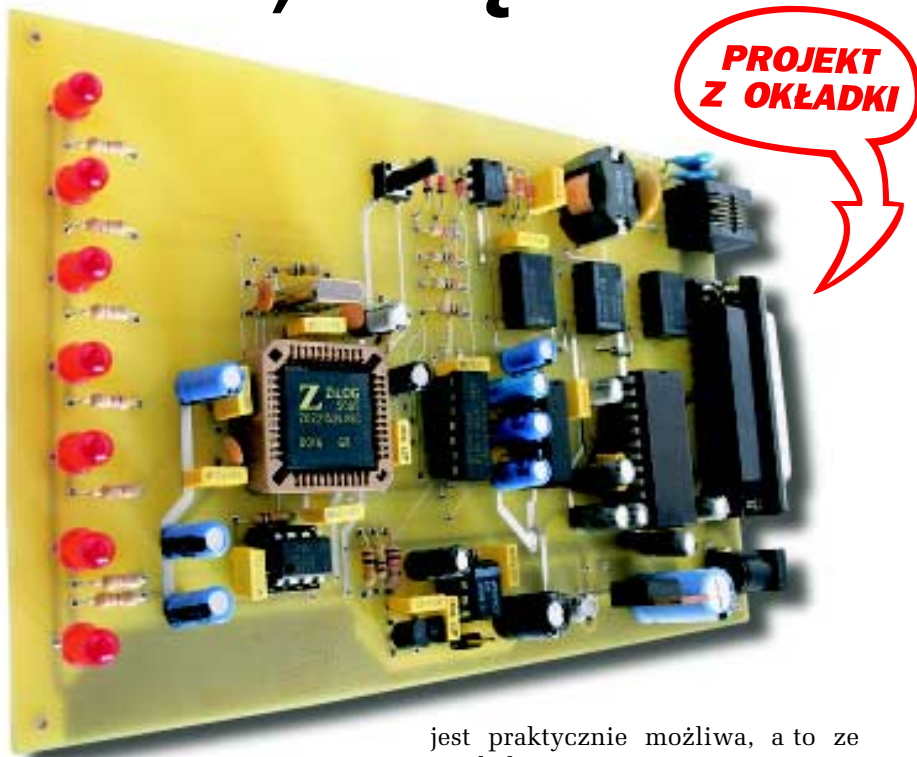


Modem V.22bis, część 1

AVT-5043

PROJEKT
Z OKŁADKI



Użytkownicy komputerów traktują modemy jako jedne z wielu urządzeń wejścia-wyjścia, w jakie jest wyposażony ich komputer.

Masowość produkcji umożliwiła na radykalne obniżenie cen tych - wbrew pozorom bardzo zaawansowanych konstrukcyjnie urządzeń - co w powszechnym mniemaniu zdeprecjonowało wartość zastosowanych w nich rozwiązań technicznych.

O tym, że są to interesujące, a przy tym zaawansowane konstrukcyjnie urządzenia postaramy się przekonać Was w artykule.

Klasyczny modem jest urządzeniem umożliwiającym dwukierunkowe przesyłanie sygnałów cyfrową poprzez analogową i z natury rzeczy wąskopasmową linię telefoniczną. Zgodnie z obowiązującymi standardami telekomunikacyjnymi pasmo przenoszenia analogowej linii telefonicznej powinno mieścić się w przedziale 300Hz...2,7 lub 3kHz. Wynikającą z tych założeń zalecaną charakterystykę częstotliwościowo-amplitudową obwodu wejściowego modemu zgodną z zaleceniem V.22bis pokazano na rys. 1. Tak wąskie pasmo przenoszenia praktycznie uniemożliwia przesyłanie „czystych“ sygnałów cyfrowych, ponieważ ich zbocza uległyby silnemu zniekształceniu. Także transmisja sygnałów kodowanych poziomami logicznymi nie

jest praktycznie możliwa, a to ze względu na szereg separatorów składowej stałej sygnałów przesyłanych liniami telefonicznymi, które są ulokowane w telefonicznym torze transmisyjnym.

Między innymi z tych właśnie powodów są stosowane różnego rodzaju „sztuczki“ umożliwiające upakowanie szybkich sygnałów cyfrowych w wąskopasmowym kanale analogowym. Najprostszym sposobem kodowania jest przypisanie poziomom logicznym sygnałów sinusoidalnych o różnych częstotliwościach (modulacja FSK - Frequency Shift Keying), co w praktyce uniemożliwia przesyłania sygnałów cyfrowych z szybkością większą niż 1200bd (tab. 1).

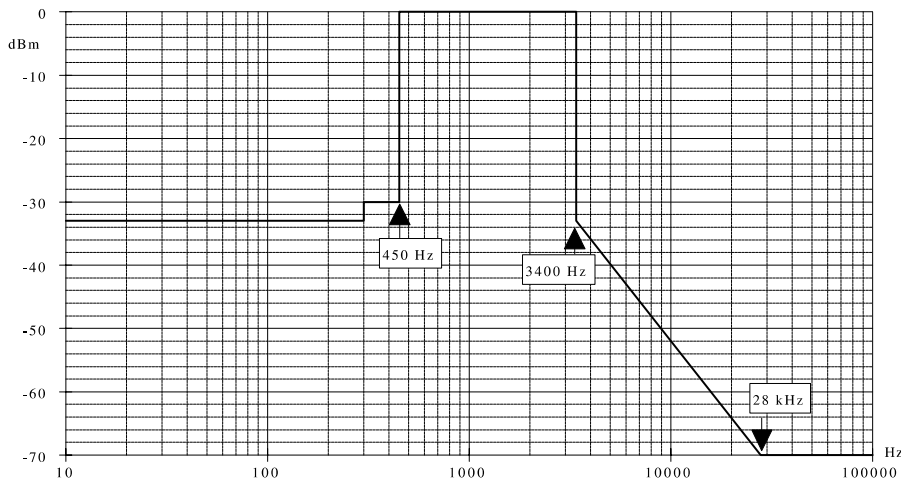
Wraz ze wzrostem wymagań stawianych systemom teletransmisyjnym (a zwłaszcza zapewnianej

Podstawowe parametry i właściwości modemu:

- ♦ szybkość transmisji: 300/1200/2400,
- ♦ zgodność ze standardami: Bell 202/202T, V.22bis, V.22bis, V.22, V.23, V.21, Bell 212A, Bell 103,
- ♦ praca w trybie full duplex,
- ♦ wbudowany interpreter poleceń sterujących AT, obsługa tablicy krajowej (z poziomu AT lub programu zapisanego w pamięci EEPROM),
- ♦ obsługa tonowego i impulsowego wybierania numerów,
- ♦ transfer danych poprzez złącze RS232 (25-stykowe),
- ♦ programowana czułość wejść i poziom sygnału wyjściowego,
- ♦ samo adaptacja parametrów torów przesyłowych modemu w zależności od jakości sygnału.

Tab. 1. Standardy transmisji danych obsługiwane przez układ Z00215.

Standard	Typ modulacji	Częstotliwość nośnej	Szybkość transmisji danych	Szybkość transmisji symboli	Liczba bitów zakodowana za pomocą symbolu
V.22bis 2400	QAM	1200/2400	2400	600	4
V.22bis 1200	DPSK	1200/2400	1200	600	2
V.22 1200	DPSK	1200/2400	1200	600	2
V.23 1200/75	FSK	1700/420	1200	1200	1
V.21	FSK	1080/1750	300	300	1
Bell 212A	DPSK	1200/2400	1200	600	2
Bell 103	FSK	1170/2125	300	300	1
Bell 202/202T 1200/150	FSK	1700/437	1200/150	1200/150	1



Rys. 1. Typowa charakterystyka częstotliwościowa kanału telefonicznego.

przez nie szybkości transmisji danych) zaczęto prowadzić próby z nieco zmodyfikowanymi sposobami kodowania informacji cyfrowych, dzięki którym wzrost szybkości transmisji danych nie powodował poszerzania pasma zajmowanego w linii telefonicznej. Najprostszą metodę zwiększającą przepływność kanału danych opracował komitet standaryzacyjny ITU-T, w wyniku czego powstały zalecenia: V.22 i następnie V.22bis. Zalecenia te opisują amplitudowo-fazowy sposób kodowania par bitów, w wyniku czego sygnał analogowy o określonej amplitudzie i fazie odpowiada dwóm kolejnym bitom przesyłanym przez linię telefoniczną, jak to pokazano na rys. 2.

Przy transmisji V.22bis o szybkości 2400bd przesyłane dane są dzielone bloki składające się z 4 kolejnych przesyłanych bitów. Pierwsze dwa bity określają po-

łożenie fazowe przesyłanej czwórki i decydują o fazie sygnału dla kolejnej pary bitów. Zalecane w standardzie przejścia pomiędzy kwadrantami faz przedstawiono w tab. 2, a ilustracją jest rys. 3.

Jak widać, zarówno kodowanie, jak i dekodowanie sygnału przesyłanego zgodnie z zaleceniami ujętymi w V.22bis wymaga dość zaawansowanej obróbki sygnału analogowego, co w przypadku realizacji jej za pomocą standardowych obwodów analogowych powodowało znaczną rozbudowę modemu. Powodowało to także znaczny wzrost kosztu wykonania modemu, w wyniku czego było to urządzenie dostępne tylko dla bogatych przedsiębiorstw.

Modem w skalaku

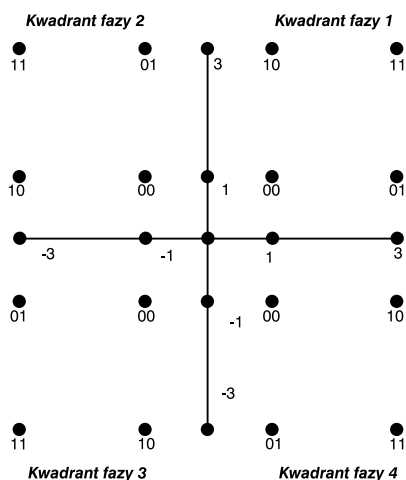
Ponieważ dawno dowiedziono, że praktycznie każde urządzenie elektroniczne można scalić i zamknąć w krzemowej strukturze, taki los musiał spotkać także modemy. Układy scalone realizujące w mniejszym lub większym stopniu tę funkcję opracowało kilka firm (w

Tab. 2. Zależność pomiędzy wartościami pierwszych dwóch bitów w 4-bitowej porcji danych i fazą przesyłanego sygnału.

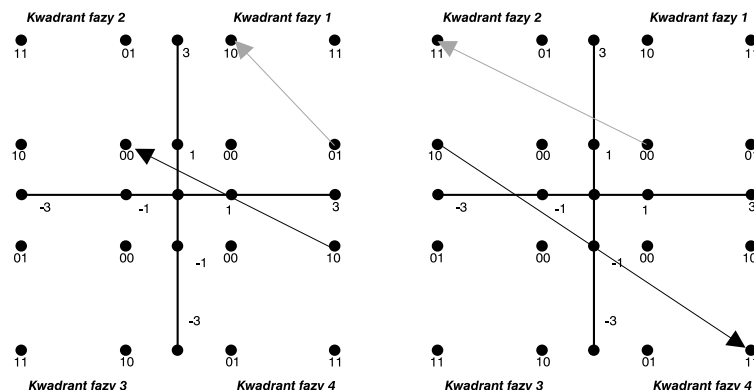
Wartość pierwszych dwóch bitów	Przejścia pomiędzy kwadrantami faz	
00	1->2 2->3 3->4 4->1	90°
01	1->1 2->2 3->3 4->4	0°
11	1->4 2->1 3->2 4->3	270°
10	1->3 2->4 3->1 4->2	180°

tym m.in.: TDK, Seiko-Epson, CML, Mitel, a także Connect One i Zilog), co umożliwia zbudowanie uniwersalnych modemów na (niemal) jednym układzie scalonym.

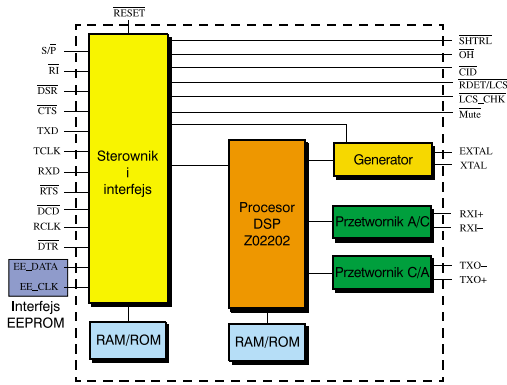
Podczas dobierania układu do projektu okazało się, że najbardziej atrakcyjną w naszych warunkach propozycję ma Zilog, którego układ oznaczony symbolem Z02215 integruje w swoim wnętrzu wszystkie elementy w pełni cyfrowego modemu zgodnego ze standardem V.22bis i większością wcześniejszych, przedstawionych w tab. 1. Pomimo wysokiej skali zintegrowania funkcjonalnego układu Z02215 wykonanie na nim modemu służącego do przesyłania danych pomiędzy standardowymi komputerami nie jest zbyt efektywne. Wynika to zarówno ze stosunkowo niewielkiej maksymalnej szybkości przesyłania danych, jak i relatywnie wysokiej ceny tak wykonanego modemu. Prezentowane w artykule urządzenie zostało zaprojektowane przede wszystkim



Rys. 2. Rozmieszczenie w przestrzeni amplitudowo-fazowej punktów odpowiadających parom przesyłanych bitów.



Rys. 3. Przykładowe przejścia pomiędzy kwadrantami dla określonych sekwencji par bitów.



Rys. 4. Schemat blokowy układu Z02215.

z myślą o umożliwieniu wygodnego przetestowania układu Z02215, który szczególnie dobrze nadaje się do stosowania w różnego rodzaju systemach mikroprocesorowych, które muszą się komunikować z dalszym otoczeniem.

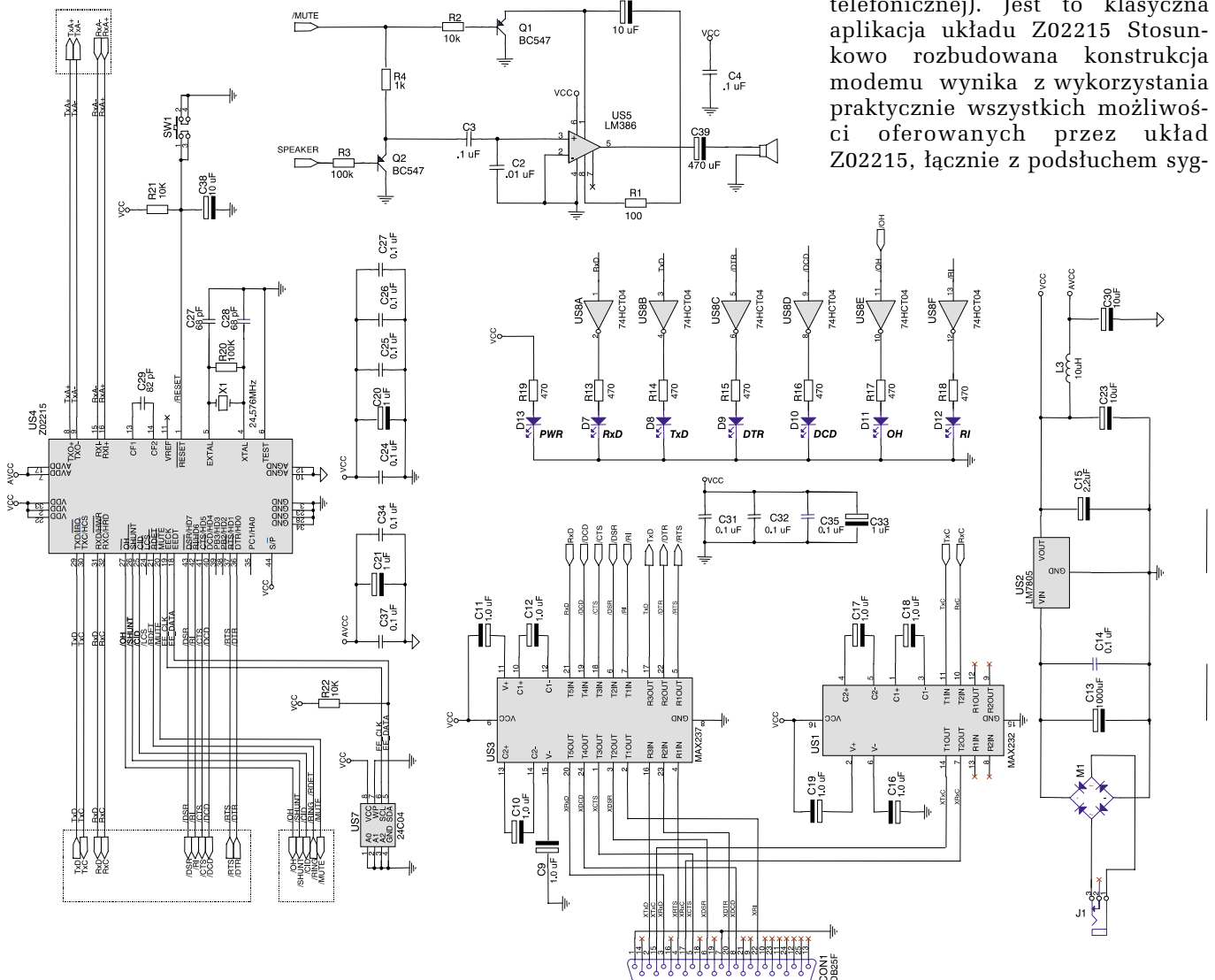
Schemat blokowy układu Z02215 pokazano na rys. 4. Okreś-

lenie „modem cyfrowy“ oznacza, że sygnały: nadawany i odbierany przez układ są konwertowane z/na postać cyfrową i dopiero wtedy poddawane obróbce. Za generację i dekodowanie sygnału, a także likwidację echa, filtrację itd. odpowiada wydajny, stałoprzecinkowy procesor DSP z pamięcią programu typu ROM. Program sterujący jego pracą przygotował producent, w związku z czym dla użytkownika obecność DSP jest praktycznie niezauważalna. Wbudowany w układ Z02215 procesor sygnałowy jest sterowany przez zintegrowany w układzie mikrokontroler, który wykonuje program z osobnej pamięci programu. Spełnia on m.in. rolę inteligentnego interfejsu szeregowego lub równo-

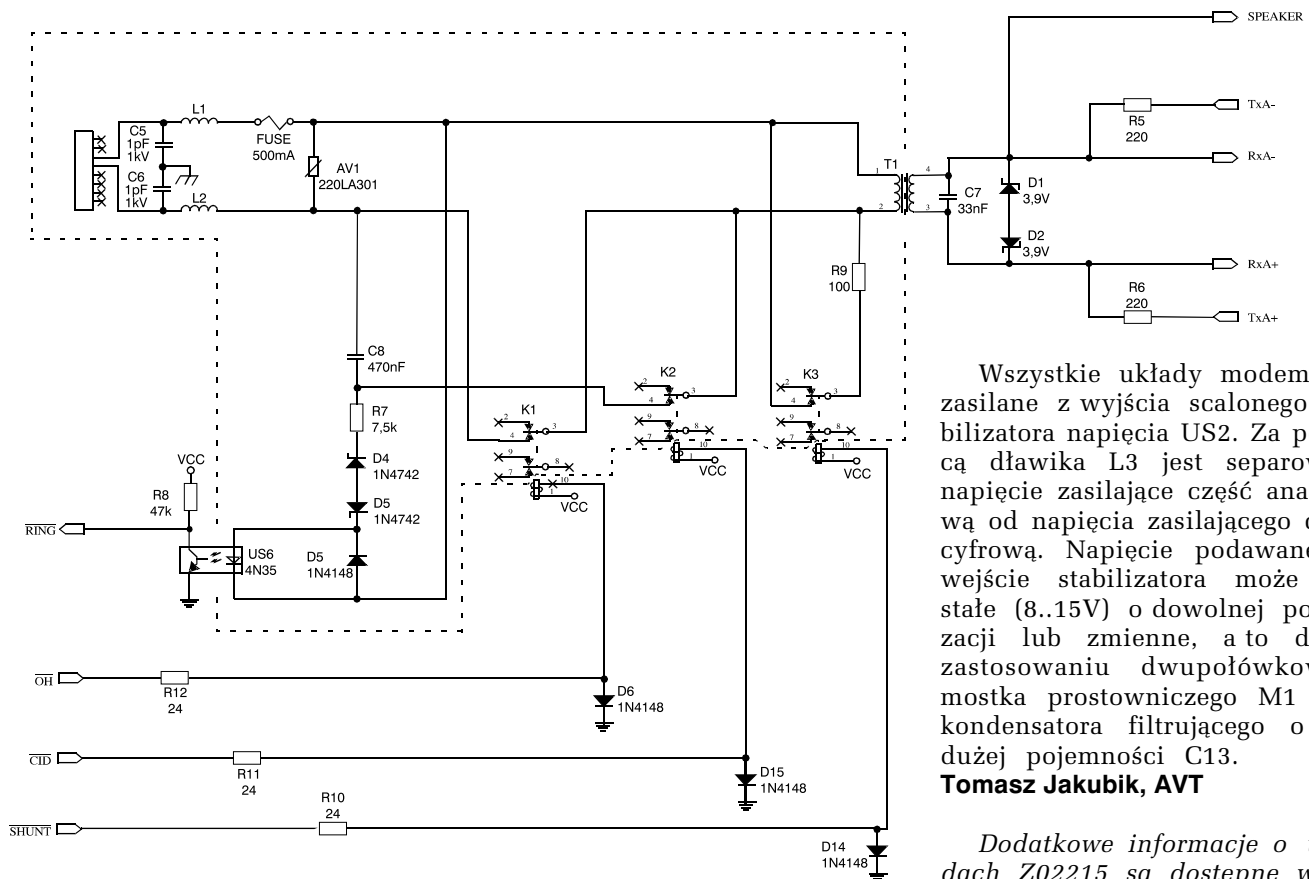
ległego (zapewniające komunikację układu z otoczeniem) oraz dodatkowego interfejsu współpracującego z zewnętrzną pamięcią EEPROM. Służy ona do przechowywania informacji o charakterystyce amplitudowo-fazowej wejściowego filtra pasmowoprzepustowego modemu. Zastosowanie takiego sposobu konfiguracji filtra umożliwia łatwe dostosowanie parametrów wejściowych modemu do wymagań homologacyjnych w praktycznie dowolnym kraju. Program wpisywany do tej pamięci jest generowany przez bezpłatne programy narzędziowe udostępnione przez firmę Zilog (adres podajemy na końcu artykułu).

Opis układu

Schemat elektryczny układu pokazano na rys. 5 (schemat modemu) i na rys. 6 (schemat obwodu przyłączeniowego do linii telefonicznej). Jest to klasyczna aplikacja układu Z02215 Stosunkowo rozbudowana konstrukcja modemu wynika z wykorzystania praktycznie wszystkich możliwości oferowanych przez układ Z02215, łącznie z podsłuchem syg-



Rys. 5. Schemat elektryczny modemu.



Rys. 6. Schemat elektryczny interfejsu linii telefonicznej.

nału z linii telefonicznej za pomocą wbudowanego w modem wzmacniacza (US5) i miniaturowego głośnika. Włączanie i wyłączenie podsłuchu, a także regulacja głośności jest możliwa za pomocą komend AT. Klucz tranzystorowy Q1 odpowiada za wyciszenie wyjścia wzmacniacza mocy, a wtórnik Q2 dopasowuje impedancję wyjściową układu US4 do wejścia układu US5.

Układy US1 i US3 spełniają rolę konwerterów napięciowych umożliwiających współpracę in-

terfejsu szeregowego układu US4 (napięcia zgodne z TTL) ze standardowymi interfejsami RS232. Układy te integrują w swoich strukturach pompy ładunkowe, za pomocą których napięcie +5V jest konwertowane do $\pm 12V$.

Układ Z02215 wyposażono w wyjścia sygnalizacji stanu pracy, które w prezentowanym urządzeniu wykorzystano do sterowania (za pomocą buforów-inwertorów US8) diod świecących D7..D12. Dioda D13 sygnalizuje świeceniem włączenie zasilania.

Wszystkie układy modemu są zasilane z wyjścia scalonego stabilizatora napięcia US2. Za pomocą dławika L3 jest separowane napięcie zasilające część analogową od napięcia zasilającego część cyfrową. Napięcie podawane na wejście stabilizatora może być stałe (8..15V) o dowolnej polaryzacji lub zmienne, a to dzięki zastosowaniu dwupołkowego mostka prostowniczego M1 oraz kondensatora filtrującego o dość dużej pojemności C13.

Tomasz Jakubik, AVT

Dodatkowe informacje o układach Z02215 są dostępne w Internecie pod adresami:

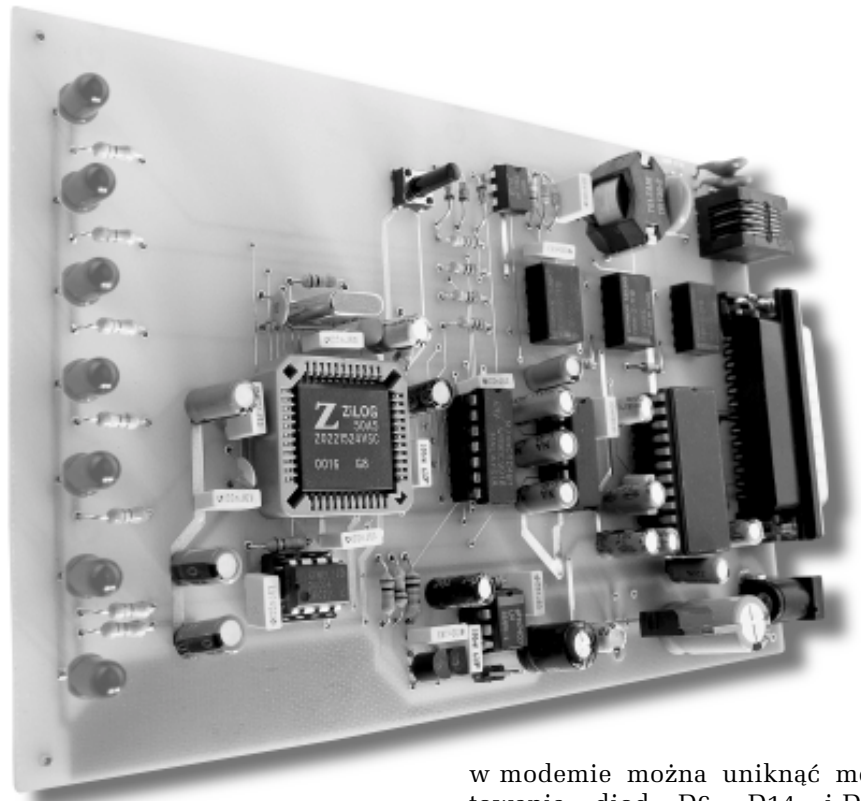
- <http://www.zilog.com/docs/modem/z02215.ppt>,
- <http://www.zilog.com/docs/modem/z02215pb.pdf>,
- <http://www.zilog.com/docs/modem/z02215ps.pdf>,
- <http://www.zilog.com/docs/modem/software/z0221500zco.exe>.

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/listopad01.htm> oraz na płycie CD-EP11/2001B w katalogu PCB.

Modem V.22bis, część 2

AVT-5043

W drugiej części artykułu przedstawiamy sposób montażu i uruchomienia modemu. Zastosowanie specjalizowanego układu, który realizuje wszystkie podstawowe funkcje modemu spowodowało, że te - często żmudne - czynności nie będą zbyt trudne nawet dla początkujących elektroników.



Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy modemu pokazano na **rys. 7**. Zaprojektowano dla niego dwustronną płytkę drukowaną z metalizacją. Jej wymiary mogą budzić protest niektórych Czytelników EP, ponieważ przy tak dużym stopniu wyspecjalizowania zastosowanego układu scalonego można było spodziewać się znacznej miniaturyzacji urządzenia.

Usprawiedliwieniem dla autora niech będzie przedstawione na początku artykułu wyjaśnienie, że celem było przede wszystkim zaprezentowanie możliwości oferowanych przez nowoczesne układy modemowe, których docelowym przeznaczeniem są zminiaturyzowane aplikacje teletransmisyjne. Wykonany w naszym laboratorium model ma przede wszystkim służyć do testowania układu Z02215.

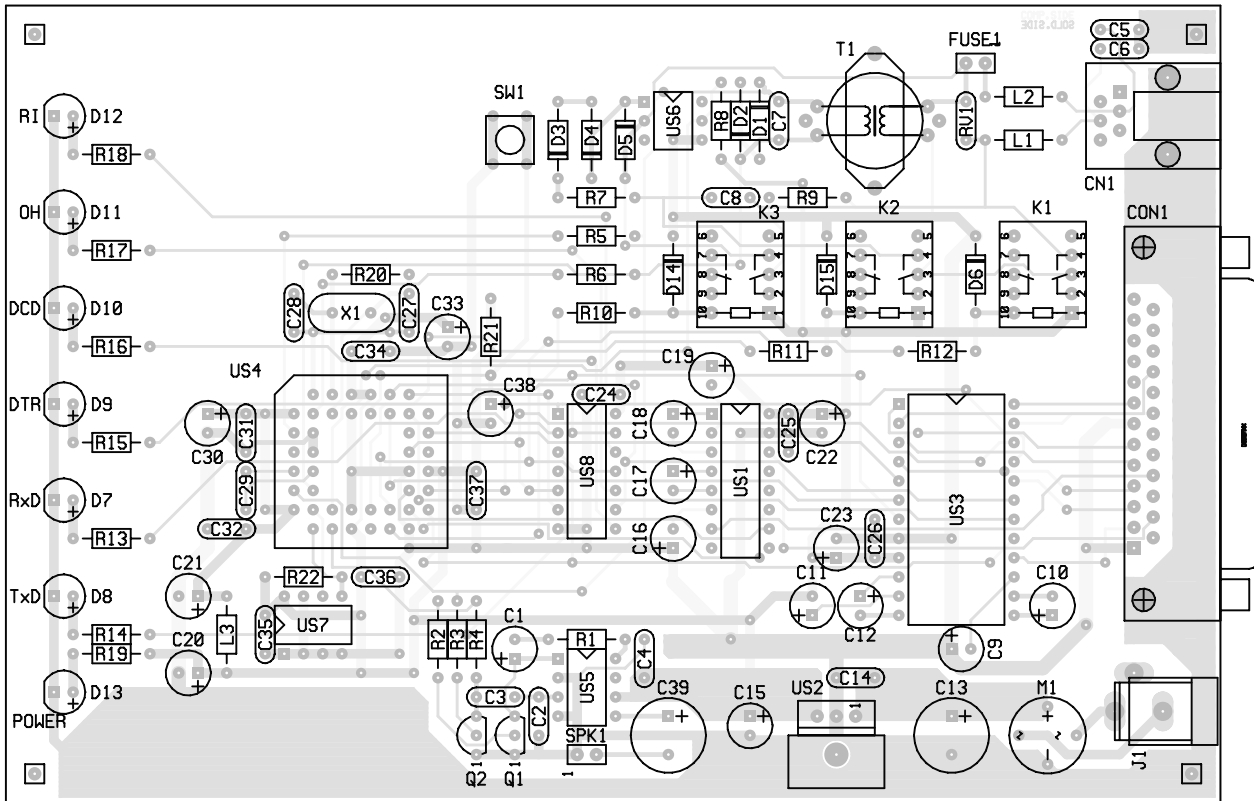
Montaż urządzenia jest typowy. Pod układy scalone warto zastosować podstawki, a w przypadku układu US4 nie mamy innego wyjścia. W zależności od typu przekaźników zastosowanych

w modemie można uniknąć montowania diod D6, D14 i D15, których najważniejszym zadaniem jest tłumienie przepięć indukowanych w cewkach przekaźników podczas ich kluczowania. W egzemplarzu modelowym jako US3 zastosowano trudno dostępny układ TAS237 w „szerokiej” obudowie DIP24. Aby ominąć trudności ze zdobyciem tego układu, płytki dostarczane w zestawach będą umożliwiały także montaż układów MAX237, które są dostarczane tylko w „wąskich” obudowach DIP24.

Jedynym elementem wymagającym zastosowania zewnętrznego radiatora jest stabilizator US2.

Oprogramowanie narzędziowe

Jak wcześniej wspomniano, Zilog udostępnił na swojej stronie program narzędziowy z graficznym interfejsem użytkownika, noszący nazwę BiQuad. Za jego pomocą można dobrać przebieg charakterystyki amplitudowej (**rys. 8**) i fazowej (**rys. 9**) toru analogowego modemu, dzięki czemu można go dostosować do lokalnych zaleceń telekomu-



Rys. 7. Schemat montażowy płytki drukowanej.

nikacyjnych. Plik wynikowy przygotowany za pomocą tego programu należy skompilować za pomocą programu Diplomat, który jest udostępniany przez lokalnych dystrybutorów tej firmy (w Polsce jest to Eurodis). Diplomat jest narzędziem sterowanym tekstowo, pracującym w systemie operacyjnym DOS lub DOS-owym okienku Windows. Standardowo Diplomat jest wyposażony w 12 tabel krajowych (niestety bez Polski), lecz skomponowanie własnej wymaga stosunkowo prostego zabiegu - jak to poka-

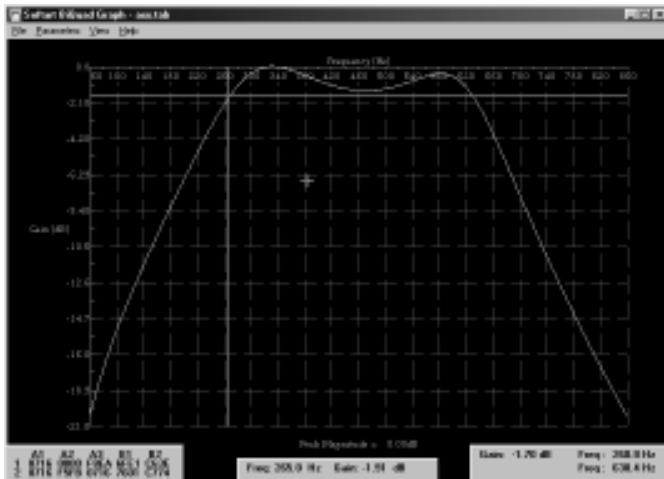
ziano na rys. 10. Program sterujący DSP w postaci HEX jest dostarczany wraz z programem Diplomat, a tekstowo opisaną tabelicę krajową można utworzyć - jak to wspomniano wcześniej - za pomocą programu BiQuad. Jak pokazały prowadzone przez nas doświadczenia, modem doskonale spisuje się w praktyce bez konieczności modyfikowania bazowej charakterystyki, chociaż należy się spodziewać, że nie jest ona dokładnie taka, jak wymagają krajowe normy telekomunikacyjne.

Uwagi końcowe

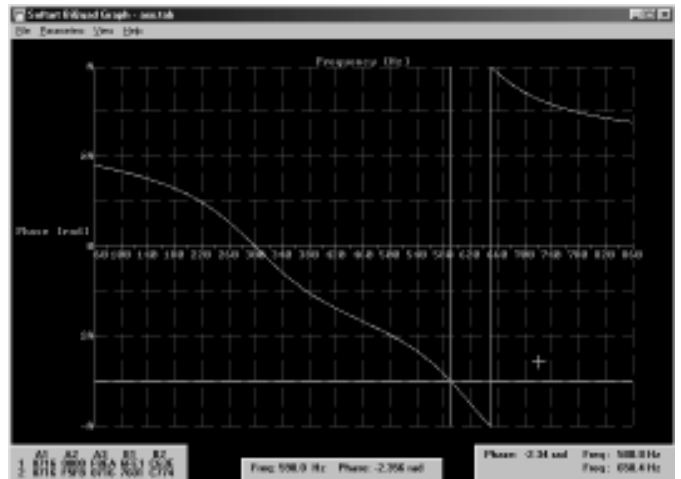
Algorytm sterujący wbudowanym w układ Z02215 procesorem sterującym obsługuje sześć podstawowych stanów pracy, które pokazano na rys. 11.

W stanie *IDLE* część DSP (odpowiadająca za nadawania i odbiór sygnałów) nie jest aktywna, pracuje natomiast interpreter poleceń AT.

Do stanu *DIALING* modem przechodzi po otrzymaniu odpowiednich poleceń AT. W tym stanie układ wybiera w zadany sposób numer abonenta docelowego.



Rys. 8. Widok ekranu programu BiQuad z wyświetloną charakterystyką amplitudową.



Rys. 9. Widok ekranu programu BiQuad z wyświetloną charakterystyką fazową.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 100Ω
 R2, R21, R22: 10kΩ
 R3, R20: 100kΩ
 R4: 1kΩ
 R5, R6: 220Ω
 R7: 7,5kΩ
 R8: 47kΩ
 R9: 100Ω
 R10, R11, R12: 24Ω
 R13...R19: 470Ω

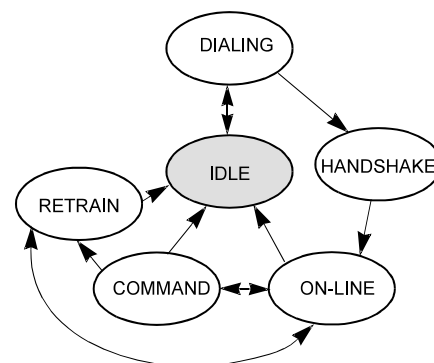
Kondensatory

C1, C23, C30, C38: 10μF/16V
 C2: 10nF
 C3, C4, C14, C24, C25, C26, C31...C37: 100nF
 C5, C6: 1pF/1kV
 C7: 33nF
 C8: 470nF
 C9...C12, C16...C21, C33: 1μF/16V
 C13: 1000μF/25V
 C15: 2,2μF/16V
 C27, C28: 68pF
 C29: 82pF
 C39: 470μF/10V

Półprzewodniki

Q1, Q2: BC547
 US1: MAX232

US2: LM7805
 US3: MAX237
 US4: Z02215
 US5: LM386
 US6: 4N35
 US7: 24C04
 US8: 74HCT04
 D1, D2: diody Zenera 3,9V
 D3, D4: 1N4742 lub podobne
 D5: 1N4148
 D6, D14, D15: 1N4148 montowane opcjonalnie
 D7...D13: dowolne diody LED
 M1: mostek prostowniczy min. 500mA/50V
Różne
 SW1: mikroprzełącznik
 X1: 24,576MHz
 J1: gniazdo zasilania
 CON1: DB25
 SPK: miniaturowy głośnik o impedancji min. 8Ω
 AV1: warystor 75V
 K1, K2, K3: przekaźniki podobne do TQ2-5V
 L1, L2: dławiki 100nH
 T1: transformator telefoniczny 600/600



Rys. 11. Możliwe stany pracy układu Z02215.

ki sygnalizuje interpreterowi konieczność wykonanie polecenia. Znaki występujące przed AT są ignorowane, a maksymalna liczba znaków występujących po prefiksie AT może wynosić 40. Szczegółowy wykaz poleceń wraz z ich składnią i parametrami znajduje się w dokumentacji układu Z02215, którą producent udostępnia na swojej stronie internetowej.
Tomasz Jakubik, AVT

Dodatkowe informacje o układach Z02215 są dostępne w Internecie pod adresami:

- <http://www.zilog.com/docs/modem/z02215.ppt>,
- <http://www.zilog.com/docs/modem/z02215pb.pdf>,
- <http://www.zilog.com/docs/modem/z02215ps.pdf>,
- <http://www.zilog.com/docs/modem/software/z0221500zco.exe>.

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/grudzien01.htm>.

Interpreter poleceń AT nie jest aktywny.

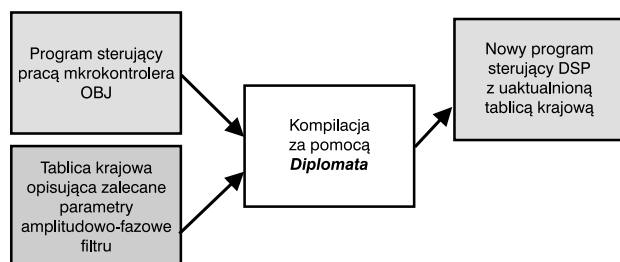
W kolejnym stanie - *HANDSHAKE* - uaktywnia się blok DSP, który odpowiada za poprawne nawiązanie transmisji danych. Etap ten jest potrzebny każdorazowo tylko podczas nawiązywania połączenia. Interpreter poleceń AT w stanie *HANDSHAKE* nie działa.

Po uzgodnieniu przez modemy protokołów transmisji, układ sterujący w Z02215 przełącza go w stan *ON-LINE*, w którym możliwa jest transmisja danych. W stanie *ON-LINE* działa interpreter niektórych poleceń AT, za pomocą których można przełączyć

układ sterujący w stan *COMMAND*. Stan ten jest podobny do *IDLE* (tzn. działa interpreter poleceń AT) z tą różnicą, że połączenie pomiędzy modemami jest cały czas aktywne.

Ostatni ze stanów aktywności bloku sterującego w Z02215 - *RETRAIN* - odpowiada za okresową synchronizację transmisji, która może być zakłócona przez zmianę parametrów linii telefonicznej lub występujące w niej zakłócenia. W stanie *RETRAIN* jest aktywny interpreter poleceń AT, natomiast procesor DSP nie przekazuje i nie odbiera danych.

Układ Z02215 obsługuje wszystkie standardowe polecenia AT, których format musi mieć postać *ATxxx<CR>*, gdzie *xxx* oznacza ciąg znaków odpowiadających poleceniu (np. *ATH0*, *ATR*). Końcowy znak przeniesienia kare-



Rys. 10. Zastosowanie programu Diplomat.