

# Interfejs I<sup>2</sup>C, część 3

## kit AVT-265



W ostatniej części artykułu prezentującego konstrukcję interfejsu szeregowego I<sup>2</sup>C przedstawimy jego najpopularniejsze rozszerzenia oraz sposób wymiany informacji w systemie zawierającym kilka układów master.

Ciekawym uzupełnieniem informacji zawartych we wszystkich częściach artykułu jest zestawienie prezentujące kilkadziesiąt układów współpracujących z I<sup>2</sup>C.

### Kłopoty z wieloma Masterami

Jak wspomniano w poprzednich częściach artykułu, standard I<sup>2</sup>C dopuszcza możliwość dołączenia do szyny kilku układów *Master*. Mogą to być np. kilka opisanych w artykule interfejsów lub dowolne inne sterowniki pracujące w trybie *Master*. Ponieważ każdy z *Masters* może w dowolnie wybranym momencie wykonać próbę przesłania danych, dość prawdopodobne wydaje się zbiegnięcie w jednym czasie kilku takich prób, co naj-

częściej wywołuje konflikt uniemożliwiający poprawne przesłanie danych. Philips przewidział taką sytuację i opracował specjalną procedurę arbitrażu, zapobiegającą powstawaniu konfliktów pomiędzy *Masterami*. Na rys. 22 przedstawiono wykres prezentujący przebieg procedury arbitrażu pomiędzy dwoma *Masterami*. Będzie on pomocny podczas omawiania podstawowych zależności.

Dla uproszczenia omówienia założono, że pierwsze bity przesyłane przez szynę, przez każdy z nadajników *Master* są takie same. Jeżeli więc znak *Start* oraz kolejne zbocza pojawiają się wcześniej w tym samym czasie, to sygnał wynikowy szyny SDA jest (z uwzględnieniem drobnych przesunięć w czasie) poprawny z punktu widzenia obydwu *Masters*. Sytuacja taka ma miejsce do chwili pojawienia się różnicy w pola-

### Zbyt wolno...

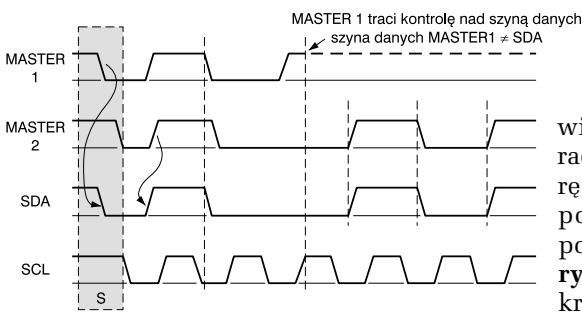
ryzacji któregoś z przesyłanych bitów (trzeci na rys. 22) - wtedy nadajnik wysyłający logiczną jedynkę „przegrywa” arbitraż, ponieważ w miejscu wysłanej jedynki na szynie pojawia się zero. Na rys. 22 zaznaczono strzałką miejsce utraty kontroli nad szyną danych przez nadajnik *Mastera* 1.

Pomimo prostoty zastosowanej metody arbitrażu spisuje się ona doskonale w praktyce.

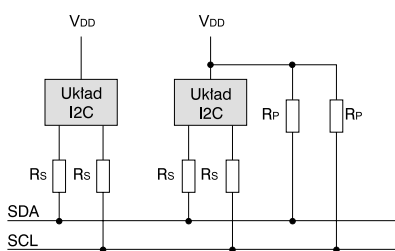
...w stosunku do wymagań współczesnych aplikacji przebiega transmisja danych poprzez standardową szynę I<sup>2</sup>C. Konstruktorzy firmy Philips dość szybko zdali sobie sprawę z wagi tego problemu i usankcjonowali rozszerzenie standardu, umożliwiające transmisję danych z szybkością 400kb/s.

Większość obecnie produkowanych układów z szyną I<sup>2</sup>C może współpracować z szybką wersją (ang. Fast Mode I<sup>2</sup>C) szyny. W przypadku przesyłania danych na większe odległości z tak dużą szybkością może okazać się niezbędne zastosowanie rezystorów podciągających o mniejszej rezystancji lub wykorzystanie sztuczek, pozwalających modyfikować wartość tej rezystancji w zależności od poziomu na szynie danych i zegara. Zależenia tego dotyczące można znaleźć na stronie WWW firmy Philips.

Karta interfejsowa, którą opisa- liśmy w artykule nie ma możliwości pracy w trybie 400kb/s - maksymalna częstotliwość taktowania wynosi 90kHz.



Rys. 22. Przebieg procedury arbitrażu.



Rys. 23. Sposób dołączenia rezystorów zabezpieczających i podciągających.

Tabela 1.

Oznaczenie układu	Funkcja	Producent
NE5751	Procesor audio do zastosowań telekomunikacyjnych	Philips
PCA1070	Programowany układ transmisji mowy	Philips
PCA8510	Moduł OSD do OTVC	Philips
PCA8516	Moduł OSD do OTVC	Philips
PCA8581	EEPROM 8x128	Philips
PCB5020	Samochodowy procesor audio	Philips
PCB5021	Samochodowy procesor audio	Philips
PCD3311	Generator DTMF	Philips
PCD3312	Generator DTMF	Philips
PCD4430	Programowany odbiornik i generator DTMF	Philips
PCD4440	Scrambler	Philips
PCD5002	Dekoder do pagera	Philips
PCF1810	Matryca przełączników analogowych 8x8	Philips
PCF2116	Sterownik LCD	Philips
PCF8566	Sterownik LCD	Philips
PCF8568	Driver wierszy LCD	Philips
PCF8569	Driver kolumn LCD	Philips
PCF8570	RAM 256x8	Philips
PCF8573	Zegar-kalendarz	Philips
PCF8574/A	8-bitowy port I/O	Philips
PCF8576	Sterownik LCD	Philips
PCF8577A/C	Sterownik LCD	Philips
PCF8578	Sterownik LCD	Philips
PCF8579	Sterownik LCD	Philips
PCF8582/A	EEPROM 256x8	Philips
PCF8583	Zegar, kalendarz, RAM 256x8	Philips
PCF8591	8-bitowy przetwornik A/C (4 kanały) + przetwornik C/A	Philips
PCF8593	Zegar, kalendarz	Philips
PCF8594	EEPROM 512x8	Philips
PCF8598	EEPROM 1kx8	Philips
SAA1064	Sterownik wyświetlaczy LED	Philips
SAA1136	Interfejs PCM	Philips
SAA1137	Procesor dźwięku PCM	Philips
SAA1300	Przełącznik do tunera	Philips
SAA1770	Dekoder D2MAC	Philips
SAA2502	Dekoder audio MPEG	Philips
SAA2510	Dekoder AV MPEG	Philips
SAA4700	Procesor VPS	Philips
SAA5240	Dekoder teletextu	Philips
SAA5241	Dekoder teletextu	Philips
SAA5243	Dekoder teletextu	Philips
SAA5244	Dekoder teletextu + VIP	Philips
SAA5245	Dekoder teletextu	Philips
SAA5246	Dekoder teletextu + VIP	Philips
SAA7110	Wielostandardowy dekodery cyfrowy	Philips
SAA7151	8-bitowy dekodery TV	Philips
SAA7152	Cyfrowy filtr grzebienny	Philips
SAA7165	Telewizyjny procesor C/A	Philips
SAA7191	Cyfrowy dekodery wielostandardowy	Philips
SAA7192	Cyfrowy konwerter koloru	Philips
SAA7199	Cyfrowy dekodery wielostandardowy	Philips
SAA7250	Procesor audio	Philips
SAA7370	Specjalizowany układ do odtwarzaczy CD	Philips
SAA9020	Kontroler pamięci pola	Philips
SAA9051	Wielostandardowy dekodery TV	Philips
SAA9053	Dekoder NTSC	Philips
SAA9056	Dekoder SECAM	Philips
SAA9060	Czarno-biały PIP	Philips
SAA9065	Procesor video	Philips
SAB3028	Transkoder RC5/I2C	Philips
SAB3035	Układ cyfrowego strojenia do OTV	Philips
SAB3036	Układ cyfrowego strojenia do OTV	Philips
SAB3037	Układ cyfrowego strojenia do OTV	Philips
SAB9070	Dekoder PIP8	Philips
TDA1551	Wzmacniacz audio 2x22W	Philips
TDA4670	Układ poprawiania obrazu TV	Philips
TDA4671	Układ poprawiania obrazu TV	Philips
TDA4672	Układ poprawiania obrazu TV	Philips
TDA4680	Procesor video	Philips
TDA4685	Procesor video	Philips
TDA4687	Procesor video	Philips
TDA4688	Procesor video	Philips
TDA4780	Regulator koloru z korekcją gamma	Philips
TDA6360	5-pasmowy equalizer	Philips
TDA8045	Dekoder NTSC	Philips
TDA8366	Wielostandardowy dekodery TV	Philips
TDA8370	Procesor synchronizacji dla OTV	Philips
TDA8376	Wielostandardowy dekodery TV	Philips
TDA8405	Dekoder stereo OTV	Philips
TDA8415	Dekoder stereo OTV/VCR	Philips
TDA8416	Dekoder stereo OTV/VCR	Philips
TDA8417	Dekoder stereo OTV/VCR	Philips
TDA8420	Procesor audio	Philips
TDA8421	Procesor audio	Philips
TDA8424	Procesor audio	Philips

## Jak to wszystko „podwiesić“?

Ponieważ wszystkie wyjścia układów dołączonych do szyny I<sup>2</sup>C są typu otwarty dren, niezbędne jest ich podwieszenie przy pomocy rezystorów do plusa zasilania. Firma Philips zaleca stosowanie dodatkowych rezystorów włączanych w szereg z wyjściami układów dołączanych do szyny (rys. 23), które zwiększają odporność ich obwodów wejściowych na potencjalne uszkodzenia.

Na dwóch prostych wykresach (rys. 24 i 25) przedstawiono zależności ułatwiające dobór wartości rezystancji podciągających i zabezpieczających. Wykresy te dotyczą wolnej (do 100kHz) wersji I<sup>2</sup>C i nie uwzględniają wpływu pojemności pasozytniczych na szybkość transmisji.

## A adresów mało, mało...

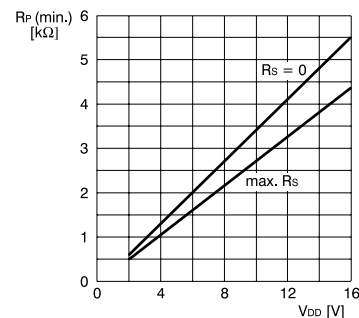
...chciałoby się powiedzieć, wzięwszy pod uwagę nad wyraz skromne możliwości oferowane standardowo przez I<sup>2</sup>C. Adresowanie 7-bitowe nie zawsze jest wystarczające podczas budowania nieco bardziej złożonego systemu. Także tutaj reakcja Philipsa była dość szybka - przewidziano bowiem możliwość rozbudowy adresowanej przestrzeni do 1024 portów (słowo adresowe 10-bitowe) i to bez naruszenia dotychczasowej koncepcji standardu!

Jak to było możliwe? Wykorzystano jedno z zarezerwowanych słów adresowych, w którym pierwsze (najstarsze) 4 bity mają wartość „1“, a kolejny „0“. W tak zbudowanym słowie adresowym (zakończonym bitem zapisu) przesyłane są pierwsze dwa bity adresu, a w kolejnym pełnym, 8-bitowym słowie danych przekazywane jest pozostałe 8 bitów adresowych. Każda transmisja kończona jest potwierdzeniem wysłanym przez odbiornik.

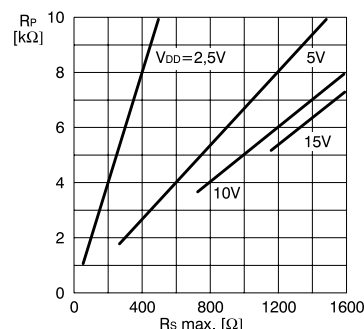
Tak więc bez większych kłopotów można stosować w jednym systemie zarówno układy adresowane siedmioma bitami, jak i adresowane w sposób rozszerzony. Co więcej - możliwe jest sztuczne rozszerzenie przestrzeni adresowej poprzez podłączenie pod jednym adresem dwóch układów - adresowanego standardowo i w sposób rozszerzony.

Odpowiednie oprogramowanie karty interfejsu umożliwi stosowanie adresowania 10-bitowego.

TDA8425	Procesor audio	Philips
TDA8426	Procesor audio HiFi	Philips
TDA8432	Procesor synchronizacji i odchylenia OTV	Philips
TDA8440	Przełącznik A/V	Philips
TDA8442	Interfejs dekodera koloru	Philips
TDA8443	Matryca YUV/RGB	Philips
TDA8444	6-bitowy, 8-kanalowy przetwornik C/A	Philips
TDA8461	Dekoder PAL/NTSC z procesorem RGB	Philips
TDA8466	Dekoder PAL/NTSC z procesorem RGB	Philips
TDA8480	Korektor koloru RGB	Philips
TDA8540	Matryca wideo 4x4	Philips
TDA9140	Wielostandardowy dekodery TV	Philips
TDA9141	Wielostandardowy dekodery TV	Philips
TDA9145	Wielostandardowy dekodery TV	Philips
TDA9150	Procesor odchylenia TV	Philips
TDA9160	Wielostandardowy dekodery TV + procesor odchylenia	Philips
TDA9161	Dekodery TV + procesor odchylenia	Philips
TDA9162	Wielostandardowy dekodery TV + procesor odchylenia	Philips
TDA9860	Procesor audio HiFi	Philips
TEA6000	Układ automatycznego strojenia FM	Philips
TEA6100	Układ automatycznego strojenia FM	Philips
TEA6300	Procesor audio	Philips
TEA6320	Procesor audio	Philips
TEA6330	Procesor audio	Philips
TEA6360	Equalizer 5-pasmowy	Philips
TSA5510	Syntezy PLL 1,2GHz	Philips
TSA5511	Syntezy PLL 1,3GHz	Philips
TSA5512	Syntezy PLL 1,3GHz	Philips
TSA5514	Syntezy PLL 1,3GHz	Philips
TSA5519	Syntezy PLL 1,3GHz	Philips
TSA6057	Syntezy PLL do odbiorników radiowych	Philips
TSA6060	Syntezy PLL do odbiorników radiowych	Philips
TSA6061	PLL 150MHz, licznik p.cz.	Philips
DS1621	Cyfrowy termometr/termostat	Dallas
DS1624	Cyfrowy termometr/termostat	Dallas
DS1625	Cyfrowy termometr/termostat	Dallas
DS1627	Cyfrowy termometr/termostat	Dallas
DS1803	Podwójny potencjometr elektroniczny	Dallas
DS1807	Podwójny potencjometr elektroniczny	Dallas
DS1307	Zegar czasu rzeczywistego	Dallas
DS75	Termostat/regulator temperatury	Dallas
DS1780	Kontroler temperatury i zasilania do PC	Dallas
X24F016/032/064/128	Pamięć Flash 2/4/8/16kx8	Xicor
X9221	Podwójny potencjometr cyfrowy z pamięcią EEPROM	Xicor
X9241	Poczwórny potencjometr cyfrowy z pamięcią EEPROM	Xicor
X76F041	Specjalna pamięć EEPROM 4x128x8	Xicor
LM75	Termostat/regulator temperatury	National Semiconductor
LM78	System nadzoru pracy PC	National Semiconductor
TDA7309	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7310	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7312	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7313	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7314	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7316	4-pasmowy equalizer	SGS-Thomson
TDA7317	5-pasmowy equalizer	SGS-Thomson
TDA7318	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7319	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7339	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7340	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7342	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7343	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7344	Procesor audio z matrycą Surround	SGS-Thomson
TDA7345	Procesor audio z matrycą Surround	SGS-Thomson
TDA7346	Matryca Surround	SGS-Thomson
TDA7348	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7430	Procesor audio z matrycą Surround	SGS-Thomson
TDA7431	Procesor audio z matrycą Surround	SGS-Thomson
TDA7432	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7433	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7434	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7435	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7437	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7439	Procesor audio	SGS-Thomson
TDA7464	Procesor audio z matrycą Surround	SGS-Thomson
TDA7465	Procesor audio z matrycą Surround	SGS-Thomson
TDA7466	Procesor audio z matrycą Surround	SGS-Thomson
TDA7467	Matryca audio SRS	SGS-Thomson
M24C01/02/04/08/16/32/64	EEPROM 1/2/4/8/16/64k	SGS-Thomson
STV2112	Procesor TV PAL/SECAM	SGS-Thomson
STV2116	Procesor TV PAL	SGS-Thomson
STV2118A	Procesor TV PAL/SECAM/NTSC	SGS-Thomson
LTC1380	8-kanalowy, asymetryczny multiplexer analogowy	Linear Technology
LTC1393	4-kanalowy, symetryczny multiplexer analogowy	Linear Technology
LTC1427-50	10-bitowy przetwornik C/A	Linear Technology
LTC1623	Podwójny sterownik kluczy mocy n-MOSFET	Linear Technology
LTC1710	Podwójny sterownik kluczy mocy n-MOSFET	Linear Technology



Rys. 24. Wykres ułatwiający dobranie wartości  $R_p$ .



Rys. 25. Zależność pomiędzy  $R_p$  i  $R_s$ .

### Światowe poparcie

W chwili obecnej można śmiało stwierdzić, że standard I<sup>2</sup>C znalazł uznanie w całym „elektronicznym” świecie. Oprócz Philipsa, który w naturalny sposób dbał o rozszerzenie gamy dostępnych układów scalonych zgodnych z I<sup>2</sup>C, także wielu innych producentów zagłosoowało swoją ofertą „za” I<sup>2</sup>C. W **tab. 1** znajduje się zestawienie prezentujące układy kilku wybranych producentów półprzewodników.

Jak widać interfejs I<sup>2</sup>C znalazł wiele interesujących zastosowań - naszych Czytelników zainteresują z pewnością układy audio programowane szeregową, których jest duży wybór.

Ponieważ typowe układy (np. pamięci EEPROM) są oferowane przez wielu producentów, podobieństwa tego typu (tylko ze względu na brak miejsca!) zostały w tabeli pominięte. O uwadze tej warto pamiętać podczas poszukiwań odpowiednich układów!

**Piotr Zbysiński, AVT**

*Oprogramowanie wchodzące w skład kitu AVT-265 nie obsługuje trybu Fast Mode. Wykorzystanie rozszerzonego adresowania nie jest automatycznie wspierane przez program sterujący.*

*Program obsługujący kit AVT-265 wymaga Windows 95/98 lub NT.*