

UART na SPI/I2C

Wielka szansa dla „małych”



Sprzętowe interfejsy zapewniające asynchroniczną komunikację szeregową (znane jako UART) są jednym z podstawowych elementów wyposażenia współczesnych mikrokontrolerów. Czy wszystkich?

Zaskakujące, ale nie!

Na szczęście Philips znalazł lekarstwo na to zaniedbanie...

Wbrew pozorom na rynku jest dostępnych wiele interesujących mikrokontrolerów pozbawionych UART-a lub innego interfejsu zapewniającego asynchroniczną komunikację szeregową. Większość z nich ma natomiast wbudowane sprzętowe interfejsy SPI, Microwire lub I²C, bowiem większość aplikacji wymaga aby mikrokontroler coś mierzył, czymś sterował i wymieniał dane z otoczeniem. Bez sprzętowego interfejsu jest to oczywiście możliwe, ale dość trudne, a my coraz rzadziej chcemy się męczyć. Z natury rzeczy wymienione interfejsy nadają się do lokalnej komunikacji pomiędzy układami tworzącymi system, poważnym kłopotem może być więc zapewnienie komunikacji mikrokontrolera z otoczeniem zewnętrznym lub układami ulokowanymi w odległości większej niż kilkanaście centymetrów.

Jak sobie wtedy poradzić? Trzeba oczywiście skorzystać z innego interfejsu, spośród których najpopularniejszy jest RS232, zapewniający asynchroniczną, dwukierunkową komunikację pomiędzy urządzeniami oddalonymi na większe odległości. O tym jak przebiega asynchroniczna komunikacja szeregową via RS232 rozpisywać się w tym artykule nie będziemy, bowiem łatwo dostępnych materiałów na ten

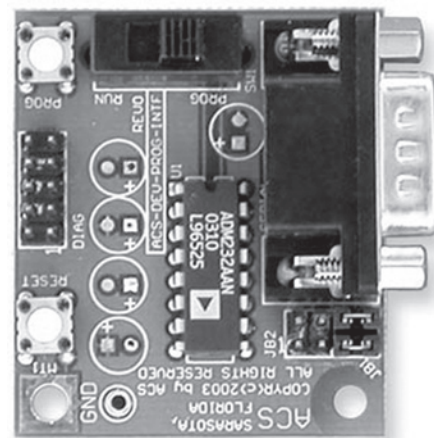
temat jest bardzo wiele, także w EP pisaliśmy o RS232 wiele razy.

Pomimo długiej obecności na rynku, interfejsy do asynchronicznej komunikacji szeregowy (w jej najpopularniejszej postaci jest to RS232) cieszą się nadal „dobrym zdrowiem” i niewiele wskazuje na to, aby w najbliższych latach miały zniknąć z rynku. Ich długowieczności sprzyja niska cena podzespołów tworzących fizyczny interfejs, jego powszechna akceptacja jako standardu, szeroki zakres prędkości i duży zasięg transmisji danych, równorzędna komunikacja pomiędzy urządzeniami (bez konieczności tworzenia i specjalnego oprogramowania *hostów*), możliwość pracy w trybie duplexowym, brak konieczności budowania specjalnej infrastruktury kablowej...

Zalety RS232 można by wyliczać przez kilka stron (wady zresztą też), ale dla nas najważniejszy jest teraz wniosek, że w bardzo wielu przypadkach UART jest niezbędnym wyposażeniem systemu mikroprocesorowego. Warto zdać sobie sprawę także z tego, że systemy wyposażone w interfejs szeregowy łatwo jest doposażyć w USB, co wymaga zastosowania wyłącznie prostego w wykonaniu interfejsu (**rys. 1**) z łatwo dostępnymi układami FT232 (FTDI) lub CP210x (Silicon Labs).

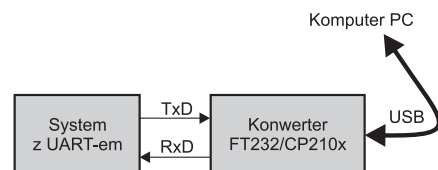
Sposób na UART

Co zatem mogą zrobić użytkownicy mikrokontrolerów pozbawio-

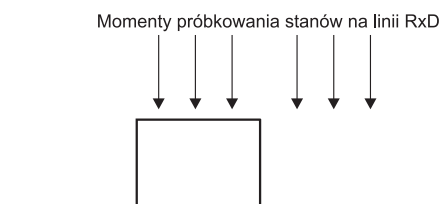


nych UART-ów lub innych interfejsów o podobnej funkcjonalności?

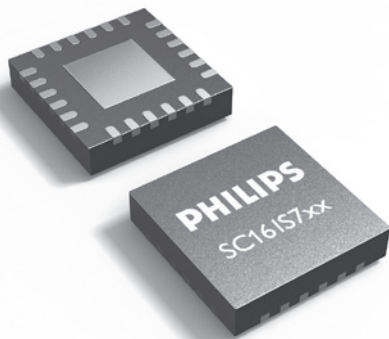
Pierwszym wyjściem, często stosowanym zwłaszcza w starszych konstrukcjach, jest programowe emulowanie UART-a. Nie jest to zadanie trudne do realizacji programowej, ale w przypadku zastosowania wielokrotnego próbkowania (zalecane jest co najmniej 2...3-krotne – **rys. 2**) stanów, program powinien być wykonywany z prędkością nawet 5...8-krotnie większą niż maksymalna prędkość transmisji. Problematyczna jest także modyfikacja prędkości przesyłania danych, a sam program musi być zazwyczaj pisany w assemblerze, bowiem zależno-



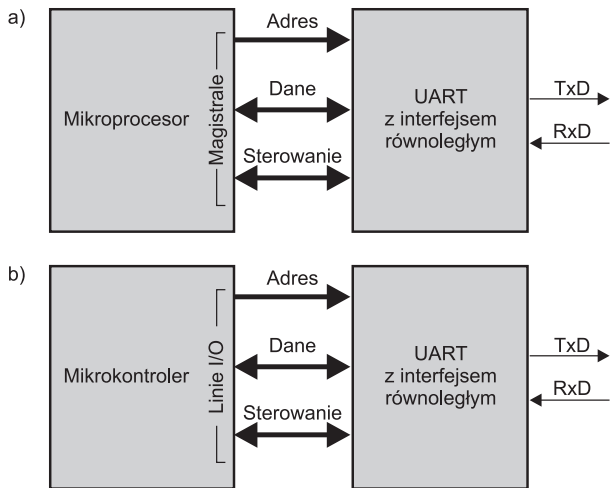
Rys. 1. Dzięki specjalnym układom interfejsowym wyposażenie systemu w USB stało się bardzo proste



Rys. 2. W przypadku programowej realizacji UART-a należy zastosować co najmniej 2-/3-krotne próbkowanie stanu sygnału na wejściu Rx



Dostępność
Układy prezentowane w artykule nie są powszechnie dostępne w sprzedaży detalicznej, ale:
– układy MAX3100 są dostępne w sklepie internetowym www.tme.pl,
– układy SC16IS7xx są dostępne w sklepie internetowym www.kamami.pl.



Rys. 3. Sposób włączenia UART-a z wejściem równoległym w systemie z mikroprocesorem a) i mikrokontrolerem b)

ści czasowe pomiędzy kolejnymi krokami wykonywania programu są bardzo ściśle i standardowe kompilatory języków wysokiego poziomu nie zawsze są w stanie zagwarantować ich dotrzymania.

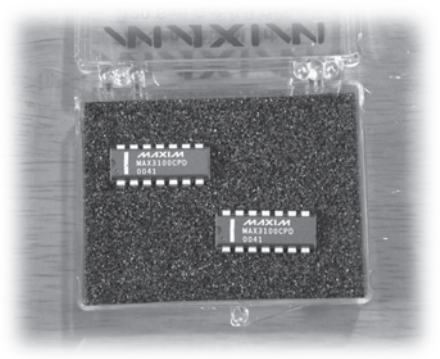
Alternatywą dla programowej emulacji UART-a jest zastosowanie popularnych interfejsów z równoległą magistralą danych (rys. 3), jak np. jedno- lub wielokanałowe (ich liczba dochodzi nawet do 12) odpowiedniki układów 16C450 i jego następców (XR16C850, ST16C554, SC28L198, SC16C650, SC16C750, TL16C450 czy TL16C550). O ile korzystanie z nich jakiejś napotkać przy okazji realizacji programowej, to powstają inne, bardzo dokuczliwe w przypadku dołączania interfejsu do mikrokontrolera o niewielkiej liczbie wyprowadzeń. Chodzi przede wszystkim o du-

ją liczbę wyprowadzeń, które trzeba zaangażować do zapewnienia komunikacji pomiędzy jednostką centralną mikrokontrolera i interfejsem komunikacyjnym – ich liczba może dochodzić do 14, co w przypadku popularnych mikrokontrolerów 8, 14 i 16-wyprowadzeniowych praktycznie uniemożliwia zastosowanie takiego rozwiązania.

UART z SPI

Alternatywą dla dotychczas przedstawionych rozwiązań są interfejsy spełniające jednocześnie rolę konwerterów protokołów (mostków) UART<->SPI lub UART<->I²C.

Palma pierwszeństwa w produkcji takich układów należy do firmy Maxim, w ofercie której znalazły się już kilka lat temu scalone konwertery UART<->SPI. Zestawienie ich najważniejszych parametrów znajduje się w tab. 1. Schemat blokowy układu MAX3100 pokazano na rys. 4. Jak można zauważyć, we wnętrzu układu znajdują się wszystkie elementy torów: nadawczego i odbiorczego wraz z programowanym generatorem sygnału określającego prędkość przesyłu danych. Rolę interfejsu komunikacyjnego zapewniającego wymianę danych z mikrokontrolerem spełnia 4-przewodowy SPI o maksymalnej częstotliwości taktowania 4,2 MHz. Od strony interfejsu

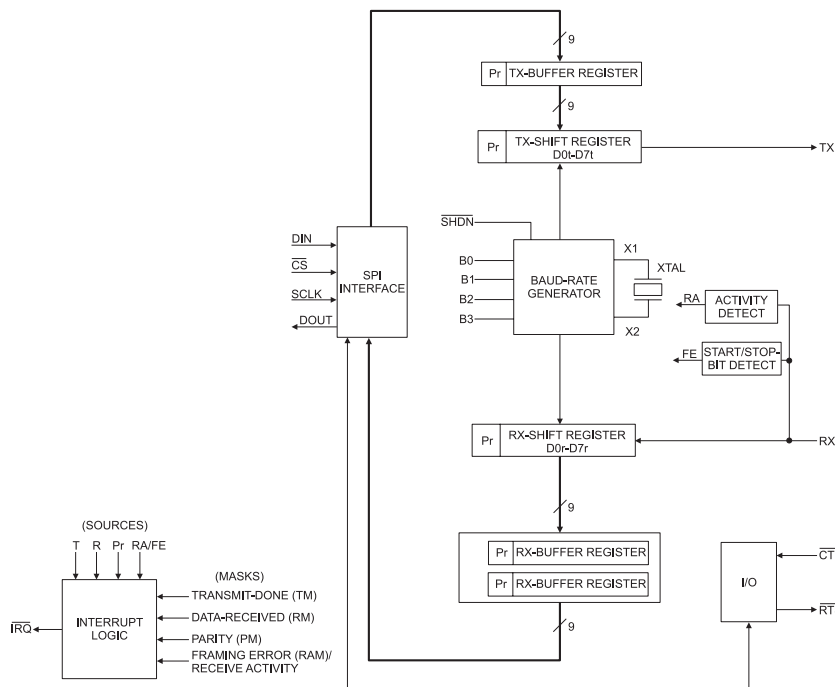


su RS232 układ MAX3100 wymaga zastosowania konwertera napięciowego zapewniającego dopasowanie poziomów napięć, jak np. MAX232 (rys. 5).

Krok dalej posunął się producent oferując układy MAX3110 i MAX3111, których schemat aplikacyjny pokazano na rys. 6. Są one bardzo podobne do przedstawionych wcześniej MAX3100, ale zintegrowano w nich ładunkowe przetwornice napięcia oraz bufor napięciowy będące odpowiednikami MAX232. Zintegrowanie w układach MAX3110 i MAX3111 kompletnych konwerterów napięciowych umożliwia zmniejszenie liczby elementów niezbędnych do wykonania interfejsu komunikacyjnego, co jest poważnym argumentem dla konstruktorów współczesnych urządzeń.

Nieco inne możliwości, ale nadal bazujące na module UART, oferują układy MAX3140 (rys. 7). Je także wyposażono w zintegrowany interfejs napięciowy, ale przystosowany do współpracy z sieciami RS422/485. Pozostałe cechy funkcjonalne są praktycznie identyczne z oferowanymi przez układ MAX3100.

Tab. 1. Zestawienie podstawowych cech i parametrów mostków UART<->SPI/I ² C										
Typ układu	Interfejsy	Maksymalna prędkość transmisji I ² C/SPI	Liczba UART-ów	Dodatkowe linie sterujące	Wbudowany programowany generator prędkości transmisji	Zgodność z 16C450	Obsługa IrDA	Dodatkowe linie I/O	Wbudowany konwerter napięciowy RS232/RS485/RS422	Napięcie zasilania [V]
MAX3100	SPI	~4,2 Mb/s	1	+	+	-	+	-	-/-/-	3,3/5
MAX3110	SPI	~4,2 Mb/s	1	+	+	-	+	-	+/-/-	5
MAX3111	SPI	~4,2 Mb/s	1	+	+	-	+	-	+/-/-	3,3
MAX3140	SPI	~4,2 Mb/s	1	+	+	-	-	-	-/+/+	5
SC16IS740	SPI/I ² C	400 kb/s/ 4 Mb/s	1	+	+	+	-	-	-/-/-	2,5/3,3
SC16IS750	SPI/I ² C	400 kb/s/ 4 Mb/s	1	+	+	+	+	+	-/-/-	2,5/3,3
SC16IS760	SPI/I ² C	400 kb/s/ 15 Mb/s	1	+	+	+	+	+	-/-/-	2,5/3,3
SC16IS752	SPI/I ² C	400 kb/s/ 4 Mb/s	2	+	+	+	+	+	-/-/-	2,5/3,3
SC16IS762	SPI/I ² C	400 kb/s/ 15 Mb/s	2	+	+	+	+	+	-/-/-	2,5/3,3



Rys. 4. Schemat blokowy układu MAX3100

Przedstawione układy, za wyjątkiem MAX3140, są przystosowane do współpracy z transceiverami optycznymi IrDA.

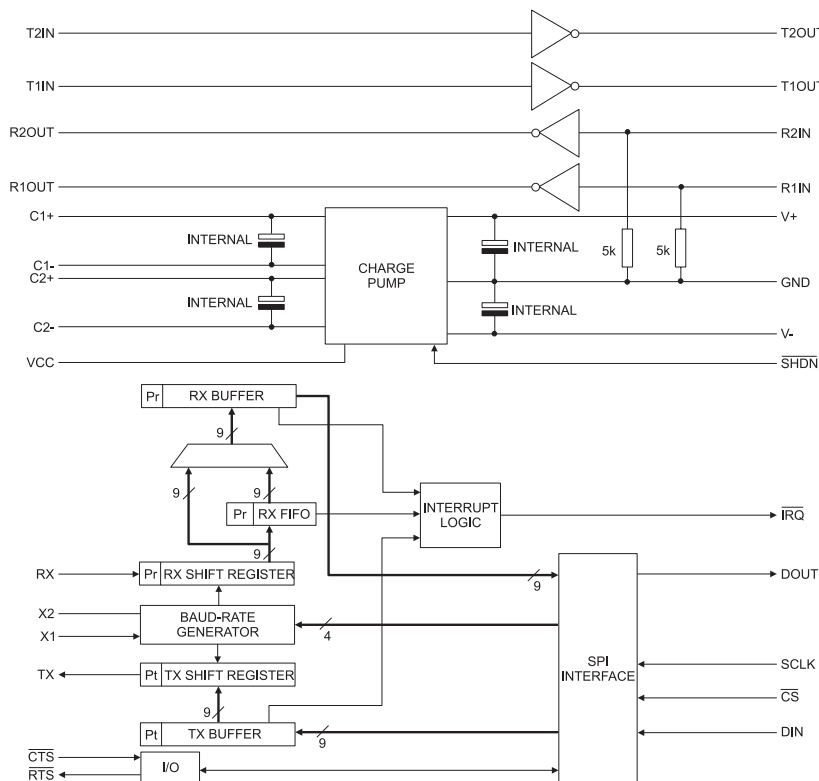
SPI to czasami za mało

Układy opracowane przez firmę Maxim mają jedną dokuczliwą wadę: można je wygodnie stosować

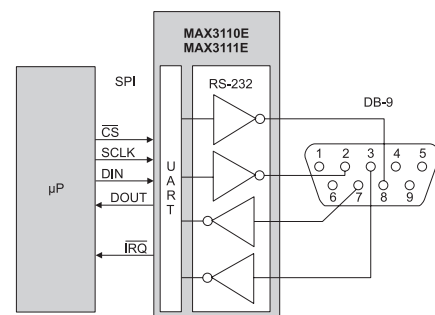
wyłącznie w systemach wyposażonych w interfejs SPI lub podobny, a nie wszystkie mikrokontrolery pozbawione UART-a mają SPI – dość często są spotykane mikrokontrolery z wbudowanym wyłącznie interfejsem I²C. Innym problemem związanym z korzystaniem z SPI jest nienajlepiej rozwiązane w tym inter-

fejsie adresowanie peryferiów przez sterownik *master*, które w typowych rozwiązaniach angażuje dodatkowe linie I/O (do wskazywania aktywnego *slave'a*). Jak widać, brak konwerterów UART<->I²C wydaje się być poważnym niedopatrzeniem, co zostało zauważone przez inżynierów firmy Philips. Opracowali oni kilka typów uniwersalnych układów interfejsowych spełniających rolę konwerterów UART<->SPI/I²C, przy czym typ interfejsu współpracującego z mikrokontrolerem użytkownik ustala za pomocą stanu logicznego podawanego na specjalne wejście. Zestawienie podstawowych cech i parametrów układów z serii SC16IS znajduje się w **tab. 1**. Interesującą cechą prezentowanych układów jest fakt, że ich budowa wewnętrzna ściśle odpowiada konfiguracji: popularny UART 16C450 (oczywiście z buforami FIFO w torze nadawczym i odbiorczym) + dwukierunkowy konwerter szeregowo-równoległy (z magistralą SPI lub I²C), dzięki czemu programiści przyzwyczajeni do obsługi standardowych UART-ów sterowanych magistralą równoległą nie muszą zmieniać przyzwyczajeń, a dotychczas stosowane procedury obsługi interfejsów wymagają niewielkich modyfikacji.

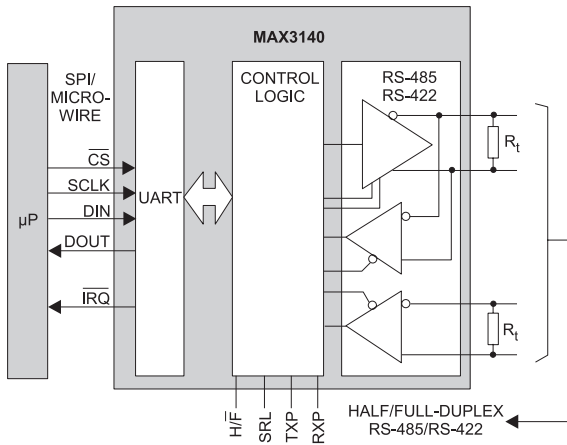
Na **rys. 8** pokazano podstawowe konfiguracje najprostszego układu z rodziny SC16SI w konfiguracji z interfejsem SPI (**rys. 8a**) oraz I²C (**rys. 8b**). Układy te ze względu na niewielką liczbę wyprowadzeń udostępniają (poza sygnałowymi TxD i Rx) tylko dwa sygnały sterujące: RTS i CTS. Jeżeli konieczna jest obsługa pełnej sygnalizacji, można zastosować nieco bardziej rozbudowane układy z tej rodziny: SC16IS750 lub SC16IS760. Wyposażono je w dodatkowy, 8-bitowy rejestr



Rys. 5. Schemat blokowy układów MAX3110/3111



Rys. 6. Schemat aplikacyjny układów MAX3110/3111



Rys. 7. Schemat aplikacyjny układu MAX3140

ki interfejs SPI umożliwiający transfer danych z prędkością do 15 Mb/s (zamiast 4 Mb/s w przypadku SC16IS740 i SC16IS750), ponadto UART wbudowany w ten układ może pracować w trybie IrDA (także SIR 1,152 Mb/s). Tryby transmisji IrDA obsługuje także UART wbudowany w układ SC16IS750, ale w tym przypadku maksymalna prędkość transmisji wynosi 115,2 kb/s.

równoległy, który można wykorzystać do obsługi sygnałów DSR, DTR, RI i CD zyskując przy okazji 4 uniwersalne linie I/O (rys. 9). Układy SC16IS760 wyposażono w szyb-

Idąc za ciosem Philips wprowadził do produkcji dwa układy bliźniacze prezentowanym, wyposażone (każdy) w dwa interfejsy UART. Układy te (SC16IS752, SC16IS762) są rozbudowanymi od-

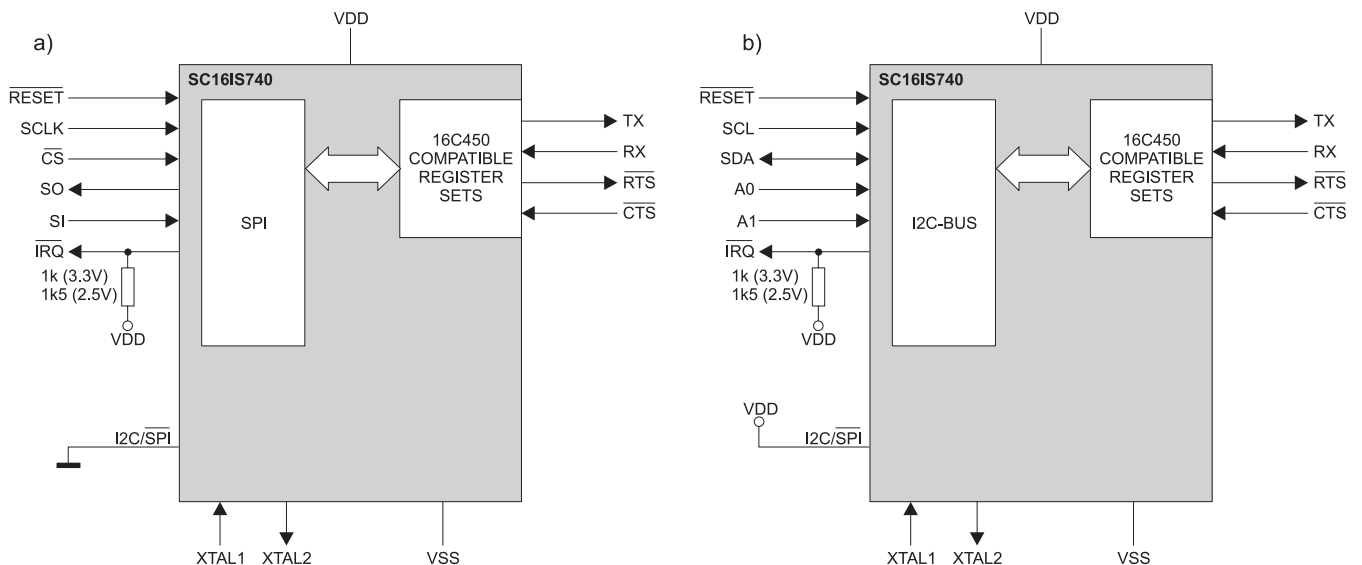
powiednikami układów SC16IS750 i SC16IS760, o podobnych parametrach i sposobie obsługi.

Podsumowanie

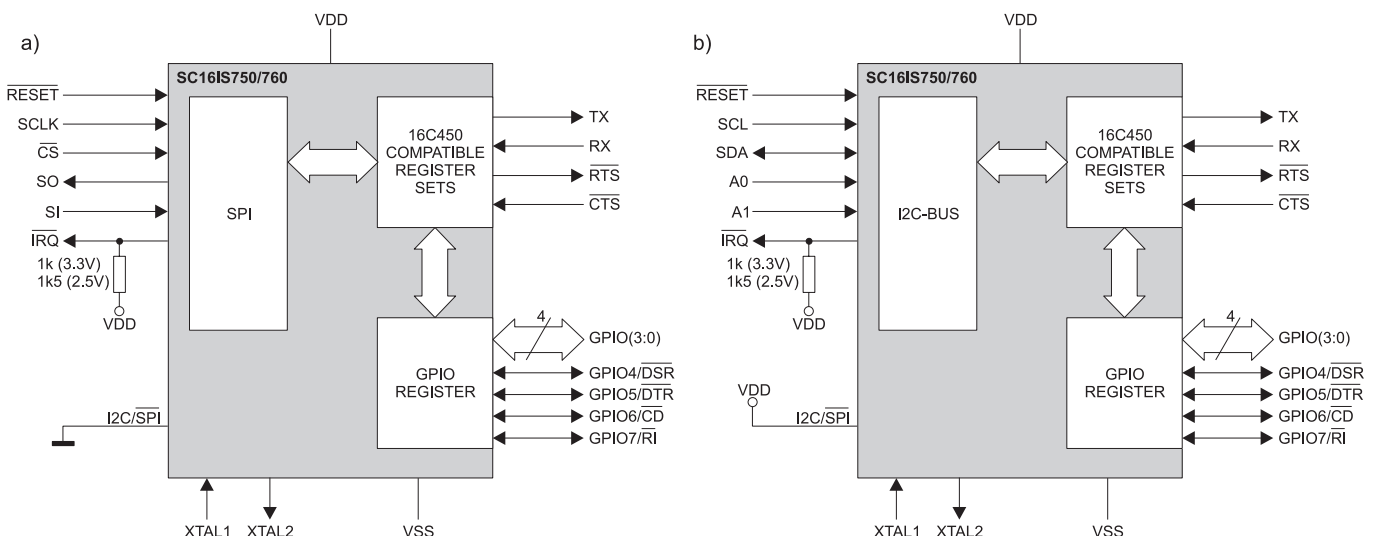
Układy przedstawione w artykule, pomimo banalności spełnianych funkcji, mają szansę podbić rynek podzespołów peryferyjnych do systemów mikroprocesorowych. Wiąże się to w sposób nieunikniony z trendami upraszczania budowy mikrokontrolerów, co wynika między innymi z sympatycznego dla użytkowników szybkiego obniżania cen tych układów.

Trzeba mieć tylko nadzieję, że producenci nie będą chcieli odbić niskich cen mikrokontrolerów na układach „łatających” wprowadzane oszczędności.

Piotr Zbysiński, EP
piotr.zbysinski@ep.com.pl



Rys. 8. Podstawowe konfiguracje układu SC16IS740 w konfiguracji z interfejsem SPI a) i I²C b)



Rys. 9. Podstawowe konfiguracje układów SC16IS750/760 w konfiguracji z interfejsem SPI a) i I²C b)