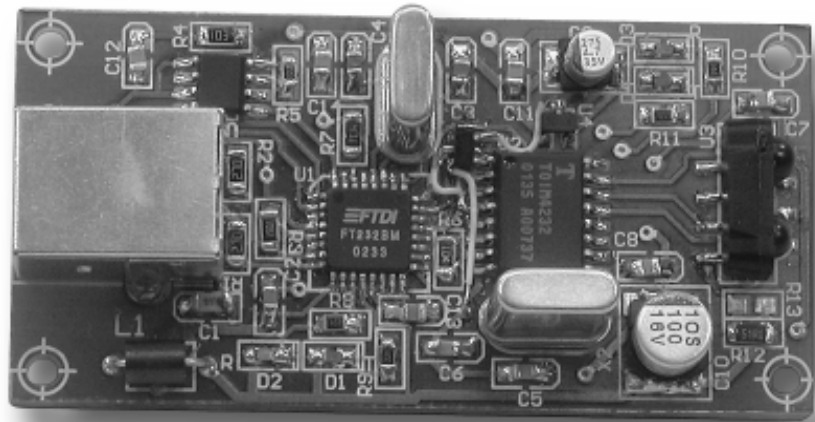


Konwerter USB<->IrDA

AVT-510



Układy interfejsowe firmy FTDI spowodowały przełom w dostępie do interfejsu USB.

Dzięki tym układom USB można z łatwością stosować nawet w projektach nieprofesjonalnych. W artykule przedstawiamy kolejny taki projekt, który doskonale ilustruje zalety techniki Plug&Play.

Rekomendacje: urządzenie przydatne dla posiadaczy nowoczesnych telefonów komórkowych, elektronicznych notatników, przenośnych drukarek i komputerów, a także użytkowników innych urządzeń wyposażonych w interfejs IrDA.

Transmisja szeregową w podczerwieni (IrDA) nie jest nowością w komputerowym świecie. Interfejs optyczny umożliwia dwukierunkową transmisję danych za pomocą promieniowania podczerwonego między dowolnymi urządzeniami wyposażonymi w odpowiednio skonfigurowany i wyposażony port szeregowy. Na rynku są dostępne m.in. drukarki i telefony komórkowe wyposażone w interfejs IrDA, ma go także każdy współczesny komputer przenośny.

Istnieją różne odmiany interfejsu IrDA. Przykładowo, interfejsy SIR są przystosowane do przesyłania danych z szybkością 115 kb/s, MIR z szybkością 1,152 Mb/s, natomiast FIR z maksymalną szybkością dochodzącą do 4 Mb/s. W prezentowanym konwerterze wykorzystano wersję SIR.

Instalacja interfejsu IrDA w już istniejącym sprzęcie wymaga UART-a kompatybilnego z układem 16550, który jest obecnie standardowym wyposażeniem wszystkich komputerów klasy PC. Aby zbudować pełnowartościowy interfejs IrDA, wystarczy dołączyć do portu RS232 specjalizowany układ formujący impulsy (np. TOIM3232) oraz transceiver podczerwieni (np. TFDS4500) - **rys. 1**. Ze względu na dużą liczbę urządzeń peryferyjnych dołączanych do komputerów, często zdarza się, że są zajęte wszystkie porty RS232 w komputerze. W takim przypadku nie jest możliwe łatwe dołączenie do komputera tak wykonanego interfejsu IrDA. Można co prawda zrezygno-

wać z jednego portu COM na rzecz IrDA, ponieważ współczesne płyty główne stosowane w komputerach są wyposażane w specjalne złącze, do którego wystarczy podłączyć jedynie transceiver. Powoduje to jednak „utrata” jednego kanału RS232.

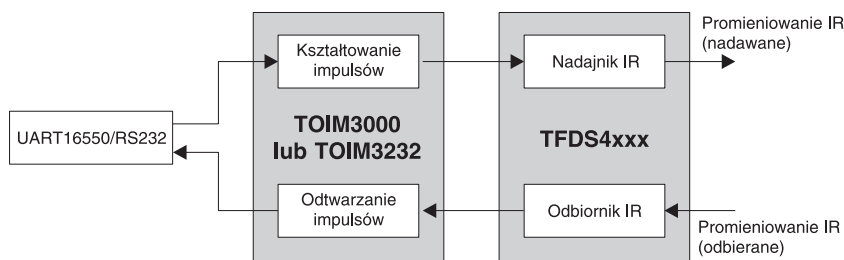
Aby uniknąć problemów tego rodzaju, proponuję wykonanie prostego konwertera USB<->IrDA. Współczesne komputery są standardowo wyposażane w kilka portów USB, które - dzięki układom interfejsowym firmy FTDI - są łatwe do wykorzystania.

Działanie konwertera nie jest skomplikowane i opiera się na emulacji portu COM, do którego podłączono układ formujący impulsy oraz transceiver podczerwieni.

Sygnały przesyłane podczerwienią są formowane do postaci krótkich impulsów (**rys. 2**), dzięki którym uzyskuje się wzrost zasięgu, przy zmniejszeniu średniej wartości pobieranego prądu.

Prostotę budowy interfejsu USB<->IrDA uzyskano, stosując trzy wyspecjalizowane układy: konwerter USB<->COM FT232BM firmy FTDI, konwerter RS232/IrDA TOIM4232 (odpowiada za formowanie impulsów) i zintegrowany nadajnik/odbiornik podczerwieni TFDS4500 firmy Vishay.

Vishay produkuje kilka rodzin specjalistycznych elementów do interfejsów kompatybilnych z IrDA. Produkuje on zarówno układy formujące impulsy (zależnie od prędkości strumienia bitów, bity



Rys. 1. Schemat blokowy konwertera USB<->IrDA dołączanego do interfejsu RS232

są skracane i uzyskują długości od 1,41 μ s do 22,13 μ s, a następnie w odbiorniku przywracana jest ich pierwotna długość), transmitery, pojedyncze fotodiody, diody PIN zwiększające zasięg odbioru, a także różnego rodzaju zintegrowane transceivery optyczne.

Układ FT232BM firmy FTDI

Układ ten jest dwukierunkowym konwerterem USB<->RS232. Jest to następca układu wcześniejszej wersji o oznaczeniu FT232AM, który „gościł” już na łamach EP. Szybkość przesyłania danych mieści się w przedziale 300 b...3 Mbd, a wyrównanie potencjalnych różnic w prędkościach nadawania i odbioru danych ułatwiają bufora danych (FIFO): o pojemności 128 B w kierunku USB->RS232 i 384 B w kierunku RS232->USB. Opcjonalnie, do układu FT8U232BM można dołączyć szeregową pamięć EEPROM, w której przechowywane są pomocnicze informacje dla sterownika USB (m.in. deklarowany przez projektanta opis produktu z zaimplementowanym USB, numer seryjny produktu, sygnatury USB VID/PID). Pracą UART-a można sterować sprzętowo (*hardware flow control*) lub za pomocą protokołu *Xon/Xoff*. Układ wyposażono w bufora sterujące dwiema diodami LED, które można wykorzystać do sygnalizacji nadawania i odbioru danych.

Ponieważ układ FT232 był już dokładnie przedstawiony w EP9/2002 i EP10/2002, przedstawię tylko różnice występujące między nowym konwerterem i jego starszą wersją. Najważniejsze wprowadzone zmiany to:

- obsługa protokołów USB1.1 i 2.0 (w trybie *Full Speed*),
- możliwość pracy interfejsów w trybie izochronicznym, dzięki czemu gwarantowana jest maksymalna możliwa szybkość transferu danych, nie wpływa na nią liczba urządzeń dołączonych do portu USB,
- w strukturze układu zintegrowano generator sygnału zerującego,
- w układ wbudowano kompletny generator sygnału RCCLK - do tychczas trzeba było stosować zewnętrzne elementy RC,
- obniżono pobór prądu w stanie spoczynku do 500 μ A,
- czas *time-out* bufora nadawczego można programować w zakresie 1...255 ms (w wersji AM wynosił on zawsze 16 ms),
- nowy układ może współpracować z dwoma rodzajami pamięci EEPROM - o organizacji 128x16 (93C46) oraz 512x16 (93C66),
- do podłączenia kilku układów w wersji BM do jednego portu USB nie jest niezbędna pamięć

EEPROM zawierająca deskryptor z indywidualnym numerem urządzenia,

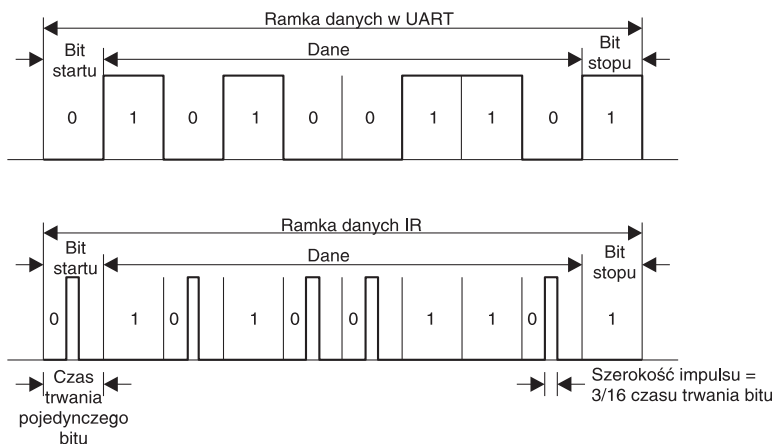
- producent zachował zgodność rozmieszczenia większości wyprowadzeń układów obydwu wersji, przy czym ze względu na pewne zmiany konstrukcyjne konieczne były drobne modyfikacje i w układzie FT232BM zmieniono funkcje wyprowadzeń znanych z wersji FT232AM: RCCLK (wyprowadzenie 31), PWREN# (wyprowadzenie 15), #RSTO (wyprowadzenie 5).

Warto wiedzieć, że w odróżnieniu od większości dostępnych na rynku interfejsów o podobnych funkcjach, układy oferowane przez firmę FTDI nie wymagają stosowania specjalizowanych sterowników USB (dla systemu operacyjnego Windows), nie jest także konieczne uczenie się przez konstruktora zasady działania i przygotowywania procedur inicjalizacyjnych bloku SIE USB (*Serial Interface Engine*). Firma FTDI przygotowała i bezpłatnie udostępnia sterowniki dla Windows 98/Me/NT/2000/XP, Linuksa oraz systemu operacyjnego OS8/9 (Apple). Za ich pomocą system operacyjny tworzy wirtualny, szeregowy port komunikacyjny COM, który jest adresowany tak jak każdy inny port szeregowy zaimplementowany w komputerze. Dostępne są sterowniki w wersjach: PnP oraz standardowej, dzięki czemu można spełnić wymagania wszystkich typowych aplikacji.

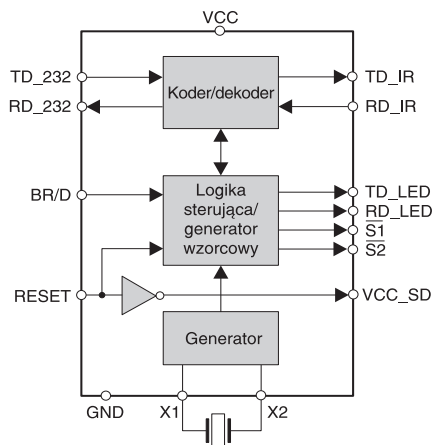
Układ FT8U232BM integruje wszystkie istotne elementy interfejsu USB, dzięki czemu wszystkie zadania związane z obsługą protokołów są realizowane sprzętowo. Nie jest wymagane przepro-

Podstawowe parametry konwertera USB<->IrDA:

- ✓ prędkość transmisji od 1200 b/s do 115 kb/s (w zależności od zainstalowanego sterownika),
- ✓ zasilanie z magistrali USB,
- ✓ współpraca z systemami Win XP i Win 2K (sterowniki dostarczane przez producenta systemu),
- ✓ łatwa instalacja,
- ✓ niewielkie wymiary,
- ✓ względnie niski koszt wykonania.



Rys. 2. Sposób kodowania danych przesyłanych drogą optyczną



Rys. 3. Schemat blokowy układu TOIM4232

wadzenie jakichkolwiek zabiegów konfiguracyjnych po włączeniu zasilania układu.

Interfejs TOIM4232

Układ ten służy do formowania impulsów z portu RS232 do wymagań standardu IrDA. Charakteryzuje się bezproblemową współpracą z dowolnym interfejsem RS232. Podstawowym zadaniem TOIM4232 jest - z jednej strony - skracanie impulsów nadawanych - a z drugiej - „rozciąganie“ odebranych impulsów do ich uprzedniej długości.

Układ umożliwia stosowanie dwóch długości impulsów: o czasie trwania 1,617 μ s - ta długość jest stosowana jako wartość domyślna i jest preferowana w urządzeniach zasilanych bateryjnie ze względu na krótki czas trwania impulsów, albo o czasie trwania 3/16 pierwotnego czasu trwania impulsu.

Kolejną funkcją układu TOIM4232 jest generowanie dla interfejsu IrDA impulsów taktujących, które nie występują w standardowym interfejsie RS232. Do generowania impulsów taktujących wymagany jest kwarc o częstotliwości rezonansowej 3,6864 MHz. Schemat blokowy układu TOIM4232 pokazano na rys. 3. Składa się on z oscylatora, generatora szybkości transmisji oraz dwukierunkowego bloku kształtowania impulsów. Za pomocą wejścia BR/D jest możliwe wybranie jednej z czternastu predefiniowanych

Pierwszy znak		Drugi znak					
X	S2	S1	S0	B3	B2	B1	B0
							LSB

Rys. 4. Budowa bajtu konfiguracji układu TOIM4232

prędkości transmisji danych. TOIM4232 jest programowany przez wybranie odpowiedniego rodzaju pracy za pośrednictwem interfejsu RS232. Aby skonfigurować interfejs, trzeba podać wysoki poziom napięcia na wejście RESET, by wyzerować układ, a następnie na wyprowadzeniu BR/D podajemy poziom wysoki. W ten sposób układ zostaje przygotowany do odebrania bajtu sterującego. Należy go wysłać z prędkością 9600 b/s, gdyż taką prędkość domyślnie przyjmuje TOIM4232 po zerowaniu. Bajt sterujący, o strukturze pokazanej na rys. 4, jest złożony z dwóch części, każda o długości czterech bitów. Bit S0 odpowiada za wybór długości impulsu. Wartość „1“ tego bitu oznacza długość impulsu wynoszącą 1,627 μ s, a „0“ wartość 3/16 trwania impulsu bitu. Bity S1 i S2 służą do określenia stanów na uniwersalnych wyjściach układu o takich samych nazwach. Wyjścia te mogą służyć do zmiany czułości transceivera, przełączania konwertera w tryb *stand-by* lub dowolnego innego celu. Wyjście S2 w prezentowanym module interfejsowym wykorzystałem do zwiększenia czułości odbiornika przy odbiorze danych.

Druga część bajtu słowa sterującego (B0...B3) służy do wyboru prędkości transmisji zgodnie z tab. 1.

Po wprowadzeniu do rejestru konfiguracyjnego 8-bitowego słowa kończy się programowanie układu i można rozpocząć transmisję, gdy tylko zmieniony zostanie poziom na nóżce BR/D na niski. Jest oczywiste, że programowanie układu jest częścią oprogramowania sterownika IrDA.

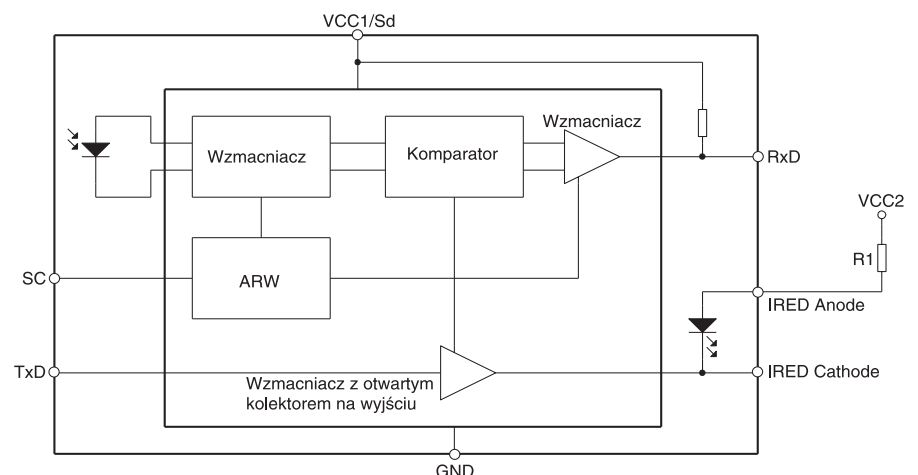
Tab. 1

B3	B2	B1	B0	2nd Char	Szybkość transmisji
0	0	0	0	0	115,2 k
0	0	0	1	1	57,6 k
0	0	1	0	2	38,4 k
0	0	1	1	3	19,2 k
0	1	0	0	4	14,4 k
0	1	0	1	5	12,8 k
0	1	1	0	6	9,6 k
0	1	1	1	7	7,2 k
1	0	0	0	8	4,8 k
1	0	0	1	9	3,6 k
1	0	1	0	A	2,4 k
1	0	1	1	B	1,8 k
1	1	0	0	C	1,2 k

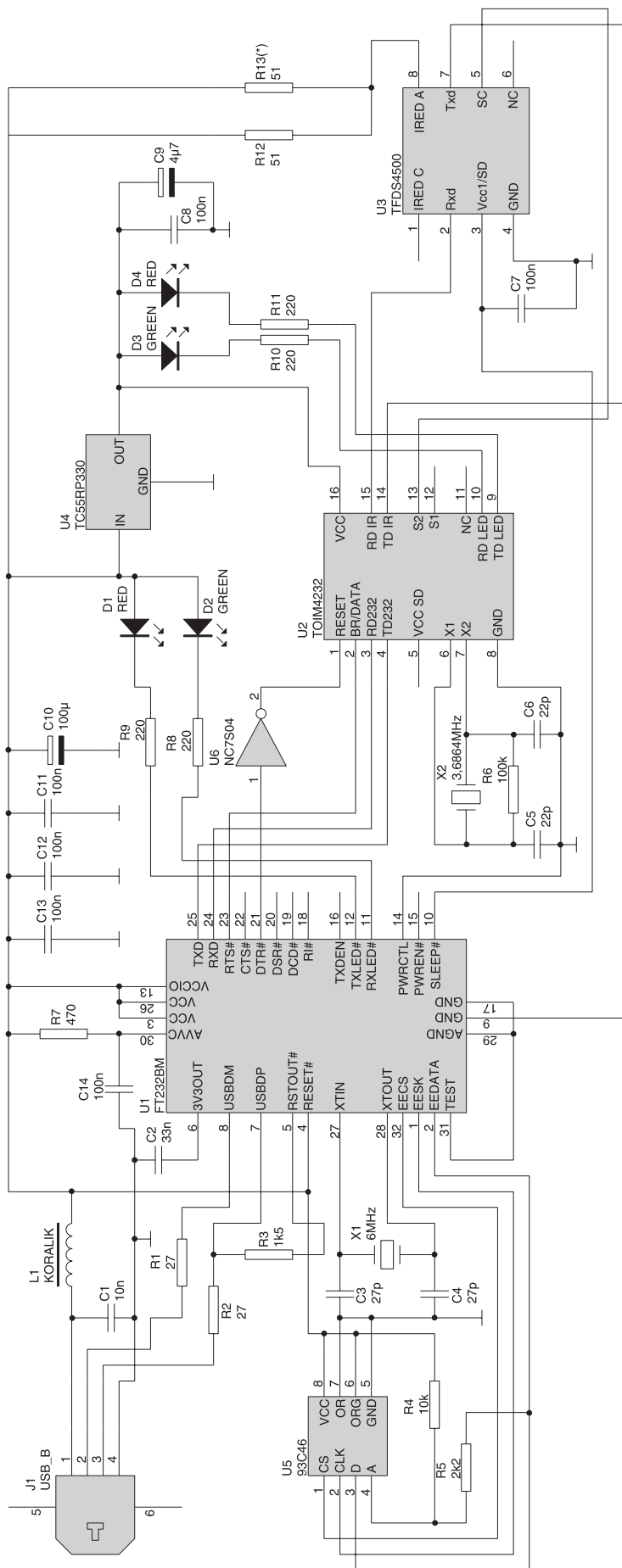
Przy współpracy np. dwóch mikrokontrolerów przesyłających dane w podczerwieni należy zadbać o prawidłowe zaprogramowanie układu, jeżeli wymagane prędkości przesyłanych danych będą większe od 9600 b/s. Przykłady programów konfiguracyjnych układu TOIM4232 zostały zamieszczone w dołączonych do artykułu materiałach, które zamieszczono na CD-EP3/2003B.

Transceiver TFDS4500

Firma Vishay produkuje wiele odmian transceiverów przeznaczonych do różnych odmian interfejsów IrDA. W konwerterze zastosowany został transceiver TFDS4500 przeznaczony do pracy w trybie IrDA SIR (prędkość do 115,2 kb/s). Układ TFDS4500 jest używany do bezprzewodowej szeregowej komunikacji między komputerem a peryferiami, np. w bezprzewodowych myszkach i klawiaturach. W strukturze układu zintegrowano diodę nadawczą i odbiorczą o parametrach dobranych do transmisji



Rys. 5. Schemat blokowy transceivera optycznego IrDA



Rys. 6. Schemat elektryczny interfejsu

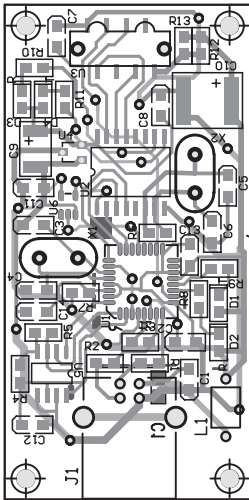
IrDA. Dodatkowo, TFDS4500 wyposażony jest we wzmacniacz dla diody odbiorczej, komparator oraz dwa bufory, które wysterowują diodę nadawczą i tor odbiorczy. Schemat blokowy układu TFDS4500 pokazano na rys. 5. Ważną funkcję w układzie pełni blok ARW (automatycznej regulacji wzmacnienia), który reguluje czułość odbiornika. Blok ten pozwala układowi TFDS4500 na osiągnięcie dużej odporności na szумы. Próg, przy którym odbiornik reaguje na sygnał wejściowy, jest dwukrotnie wyższy przy stanie „0” na wejściu SC, niż wówczas gdy jest na niej stan „1”. Należy wspomnieć, że przy wyższym progu czułości odbiornik jest bardziej podatny na zakłócenia. Zasięg nadajnika nie jest duży i wynosi ok. 1 metra, co jest wystarczające dla urządzeń przenośnych typu telefon czy drukarka.

Wejście Vcc1/SD służy zarówno do zasilania części elektronicznej transceivera, jak i do wprowadzania go w tryb uśpienia. Wysoki poziom napięcia na tym wejściu zasila wewnętrzne obwody układu. Wejście to może być sterowane z zewnętrznego mikrokontrolera lub - przykładowo - z jednego z wyjść S1 lub S2 układu TOIM4232.

Opis działania układu

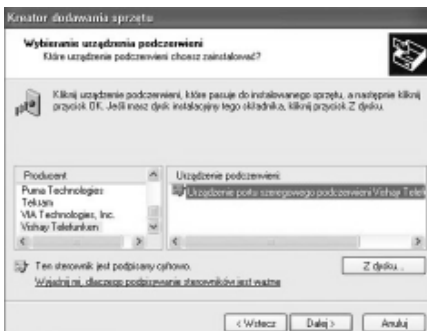
Schemat elektryczny konwertera USB<->IrDA pokazano na rys. 6. Układ U1 jest konwerterem USB<->RS232, który do swej prawidłowej pracy potrzebuje kilku elementów biernych oraz rezonatora o częstotliwości 6 MHz. Do prawidłowej pracy konwertera U1 nie jest potrzebna pamięć EEPROM U5. Można ją zastosować, gdy będzie wymagany wybór: pracy Plug and Play, ręcznego lub automatycznego przyznawania numeru seryjnego, sposobu zasilania czy maksymalnego poboru prądu. W pamięci EEPROM można przechowywać także opis urządzenia. Zaprogramowanie pamięci EEPROM wymaga instalacji odpowiedniego sterownika oraz programu narzędziowego (publikujemy je na CD-EP3/2003B) - szczegóły programowania EEPROM były dokładnie opisane w EP10/2002.

Sygnał różnicowy USB oraz zasilanie są doprowadzone przez gniazdo USB typu B. Zasilanie jest



Rys. 7. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

filtrowane za pomocą obwodu zbudowanego z elementów C1, L1 oraz kilku dodatkowych kondensatorów. Do sterowania pracą interfejsu są używane cztery linie portu RS232: TPD, RXD, RTS# i DTR#. Wyjście RTS# steruje wejściem programowania interfejsu U2, który skraca i wydłuża odpowiednio impulsy zgodnie ze standardem IrDA. Sygnał z linii DTR#, po zanegowaniu przez inwerter U6, steruje wejściem zerującym układu U2. Inwerter był potrzebny ze względu na specyfikację sterownika - został on napisany dla układu, który jest dołączany do portu RS232 przez konwerter napięć (np. MAX232). Konwerter napięć neguje sygnały oprócz sygnału DTR#. Ponieważ układ U1 nie zawiera konwertera napięć, wystarczyło tylko zanegować linię DTR#, by sterownik poprawnie programował układ U2. Ponieważ U2 musi być zasilany napięciem 3,3 V, a port USB dostarcza napięcia 5 V, zastosowano dodatkowy stabilizator U4, który stabilizuje napięcie na potrzebnym po-

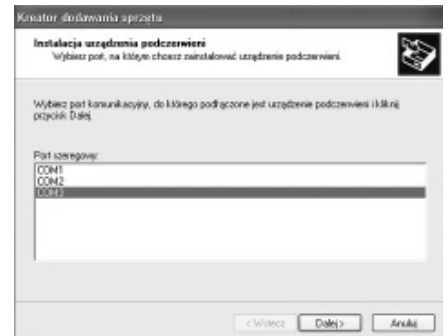


Rys. 8. Widok okna kreatora dodawania sprzętu w Windows

ziomie. Zaletą tego stabilizatora jest bardzo mały pobór prądu. Układ U1 dostarcza na wyjściu 6 napięcie 3,3 V, ale pobór prądu z tego wyjścia nie może przekroczyć 5 mA, co dla układu U2 i dołączonych do niego LED-ów nie jest wystarczające. Jeżeli nie będą montowane diody LED, można nie montować stabilizatora U4 i dołączyć wyprowadzenie zasilania U2 do wyjścia 6 układu U1. Choć U2 zasilany jest napięciem 3,3 V, to toleruje on napięcia na wejściach do 5 V. Diody D1...D4 służą do sygnalizacji pracy konwertera. Były bardzo pomocne na etapie uruchamiania konwertera. Rezonator X2 taktuje generator szybkości transmisji zawarty w U2. Linie RD_IR i TD_IR sterują transceiverem U3, którego dioda nadawcza zasilana jest poprzez rezystory ograniczające prąd R12 i R13. Transceiver U3 jest zasilany z wyjścia SLEEP# układu U1. Wyjście SLEEP informuje o trybie *suspend* (zawieszenia) magistrali. Tryb ten dotyczy zachowania się konwertera podczas przełączania hosta w uśpienie. Wówczas host przestaje wysyłać pakiety SOF. Brak kilku pakietów jest wykrywany przez U1, który także przechodzi w stan uśpienia z maksymalnie zmniejszonym poborem mocy. W trybie *suspend* hub może dostarczyć do konwertera prąd o natężeniu co najwyżej 0,5 mA. Podczas wchodzenia U1 w tryb *suspend*, linia SLEEP zmienia poziom na niski, przez co zostaje wyłączony transceiver U3. Obwody transceivera są zasilane z tego wyjścia, jeżeli tylko znajduje się na nim poziom wysoki. Wydajność prądowa wyjścia SLEEP wystarcza do zapewnienia poprawnej pracy transceivera U3. Kondensator filtrujący C7 poprawia odporność transceivera na zakłócenia oraz gwarantuje jego poprawną pracę.

Montaż i uruchomienie

Konwerter USB<->IrDA należy zmontować na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat montażowy pokazano na rys. 7. Większość elementów konwertera jest przeznaczona do montażu powierzchniowego, dlatego należy się z nimi obchodzić z dużą ostrożnością - uwaga ta dotyczy szczególnie lutowania.



Rys. 9. Okno wyboru przypisania interfejsu IrDA do portu COM

Montaż najlepiej rozpocząć od wlutowania układów scalonych i pozostałych elementów. Lutujemy je począwszy od środka płytki, aż do jej krawędzi. Montaż należy zakończyć, wlutowując elementy przewlekane.

Podczas montażu szczególną uwagę należy zwrócić na biegunowość kondensatorów elektrolitycznych. Diod LED można nie montować, gdyż służyły jedynie podczas uruchamiania konwertera do sprawdzenia jego poprawnej pracy. Zasięg konwertera można zwiększyć, dolutowując rezystor R13 o takiej samej wartości jak rezystor R12. Wartości tych rezystorów można zmniejszyć do ok. 14 Ω - nie powinno stać się nic złego, gdyż dioda nadawcza jest sterowana krótkimi impulsami. Można nie montować pamięci EEPROM U5 i elementów R4, R5, jeżeli nic nie będzie do tej pamięci zapisywane.

Z pewnością niektórych Czytelników EP przeraża montaż elementów SMD. Dlatego informuję, że układ prototypowy został złożony lutownicą ELWIK LES-24-1 bez użycia jakichkolwiek past, topników i innych specjalistycznych narzędzi.

Przy montażu należy uważać na prawidłowe umieszczanie elementów, gdyż późniejsze wylutowanie układu scalonego może być kłopotliwe.

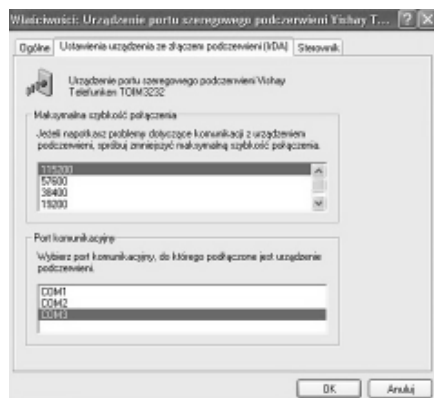
Instalacja sterowników

Po podłączeniu konwertera do portu USB komputera należy w pierwszej kolejności zainstalować sterowniki, które będą emulować port COM. Sterowniki takie udostępnia bezpłatnie producent układu FT232BM, my je publikujemy na CD-EP3/2003B. Dokładne informacje o instalacji sterownika



Rys. 10. Po zainstalowaniu sterowników w menedżerze sprzętu pojawia się dodatkowa opcja dla układu firmy FTDI zostały przedstawione we wcześniej wspomnianej EP10/2002.

Po instalacji sterownika dla układu FT232BM należy jeszcze zainstalować sterownik IrDA przeznaczony dla układu TOIM4232 lub TOIM3232. Systemy WinXP oraz Win2k zostały przez Microsoft wyposażone w sterowniki przeznaczone dla układów TOIMxx32. Po-



Rys. 11. Okno edycji właściwości portu IrDA

siadany przeze mnie sterownik do Win 98 nie działał poprawnie z tym konwerterem, dlatego przedstawiony układ jest przeznaczony do użytkowników systemów WinXP oraz Win2000.

Instalację sterownika TOIMxx32 należy rozpocząć od wyboru z listy urządzeń urządzenia podświetlonego i odszukać urządzenie TOIMxx32 firmy Vishay (rys. 8). Następnie należy wybrać numer portu komunikacyjnego, pod którym będzie zainstalowany wcześniej wirtualny port COM (rys. 9) (ja wybrałem COM3). Na rys. 10 pokazano widok okna Menedżera urządzeń z zainstalowanym urządzeniem podświetlonego dla układu TOIMxx32. Poprzez konfigurację właściwości zainstalowanego sterownika (rys. 11) jest możliwe ustawienie prędkości połączenia oraz wybranie portu komunikacyjnego. Po poprawnym zainstalowaniu sterowników i ponownym uruchomieniu komputera, konwerter USB-IrDA będzie gotowy do pracy.

Marcin Wiązania

Podczas przygotowywania projektu korzystałem z materiałów dostępnych na stronach:

- <http://www.ida.org>,
- <http://www.ericlindsay.com/computer/irda.htm>,
- <http://www.vishay.com>,
- <http://www.ftdichip.com>.

WYKAZ ELEMENTÓW (SMD)

Rezystory

- R1, R2: 27 Ω
- R3: 1,5k Ω
- R4: 10k Ω
- R5: 2,2k Ω
- R6: 100k Ω
- R7: 470 Ω
- R8, R9, R10, R11: 220 Ω
- R12, R13(*): 51 Ω

Kondensatory

- C1: 10nF
- C2: 33nF
- C3, C4: 27pF
- C5, C6: 22pF
- C7, C8, C11, C12, C13, C14: 100nF
- C9: 4,7 μ F/10V
- C10: 100 μ F/10V

Półprzewodniki

- D1, D4: LED (czerwona)
- D2, D3: LED (zielona)
- U1: FT232BM
- U2: TOIM4232
- U3: TFDS4500
- U4: TC55RP330
- U5: 93C46
- U6: NC7S04
- X1: Kwarc 6MHz
- X2: Kwarc 3,6864MHz

Różne

- L1: koralik ferrytowy przewlekany
- J1: przewlekane gniazdo USB typu B

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/kwiecien03.htm> oraz na płycie CD-EP4/2003B w katalogu PCB.