

Uniwersalna karta portów na USB

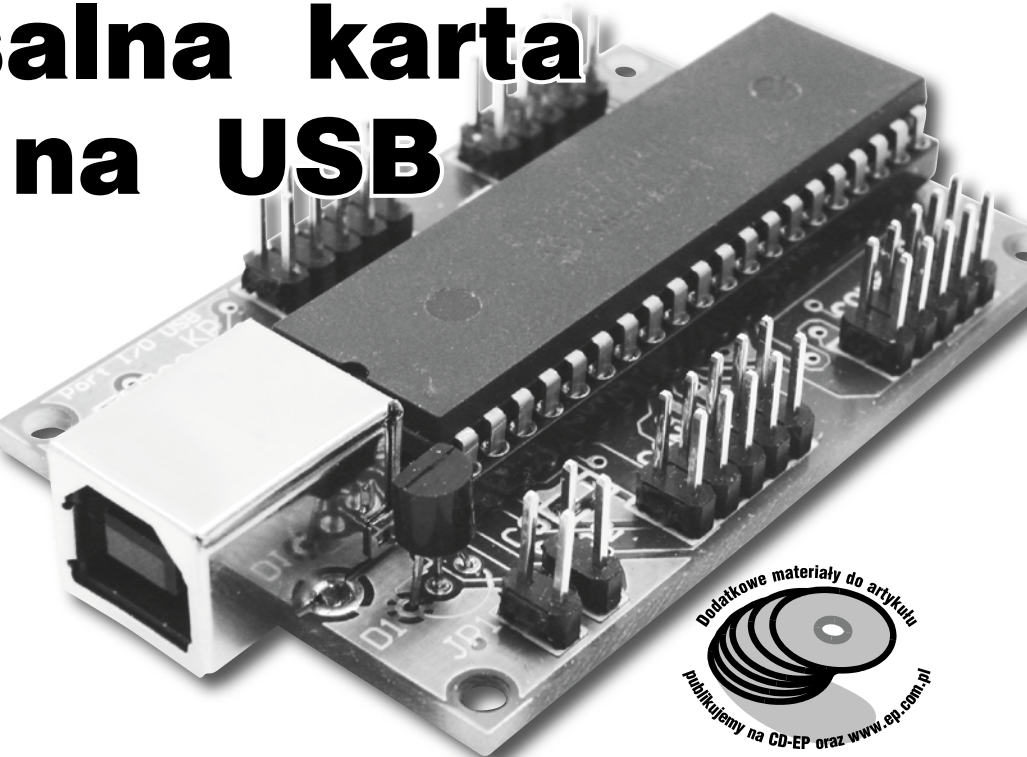
AVT-414

Komunikacja komputera ze światem zewnętrznym najczęściej odbywa się poprzez porty. Najprostszym w użyciu od strony elektrycznej jest port drukarkowy, do którego bezpośrednio można dołączyć, na przykład klawiaturę lub – poprzez stopnie wzmacniające – sterować przekaźnikiem. Zastosowanie portu drukarkowego daje ograniczone możliwości ze względu na niewielką liczbę dostępnych w nim wyprowadzeń.

Zastosowanie portu szeregowego wymaga z kolei użycia dodatkowego układu pośredniczącego pomiędzy tym portem a układami wykonawczymi.

Rekomendacje:

urządzenie opisane w artykule umożliwi eleganckie i bardzo efektywne rozwiązanie typowych problemów związanych ze sterowaniem za pomocą PC.



W karcie portów dodatkowo zastosowano konwerter USB<->RS232 w postaci układu FT232BM, na którego wyjściu otrzymuje się sygnały zgodne ze standardem RS232, jednak poziomy napięcie mieszczą się w zakresie 0...5 V, a nie jak to ma miejsce w typowym porcie RS232 -15...-3 do +3...+15 V. Umożliwia to bezpośrednie podłączenie sygnałów danych układu FT232BM do procesora. W ten sposób procesor komunikuje się z komputerem, jak gdyby był połączony poprzez port szeregowy RS232.

W urządzeniu zastosowano procesor, który posiada cztery porty wejścia/wyjścia. W trybie wyjściowym porty mogą być obciążane prądem o natężeniu do 25 mA każdy, zarówno w stanie wysokim jak i niskim, co umożliwia poprzez szeregowo rezystory sterować diodami świecącymi. Ograniczeniem jest tylko ograniczenie maksymalnego prądu dla wszystkich portów, który nie może przekroczyć 200 mA.

Trzeci port jest dostępny z liczbą wyprowadzeń ograniczoną do sześciu, gdyż pozostałe dwa wykorzystywane są do komunikacji z komputerem.

Czwarty port jest portem analogowym i jest skonfigurowany jako wejścia 8-kanalowego, 10-bitowego przetwornika A/C. Przetwornik ten może pracować w zakresie napięć wejściowych 0...5 V ze źródłem napięcia odniesienia równego napię-

ciu zasilania lub – dla wykonywania bardziej dokładnych pomiarów – z precyzyjnym źródłem napięcia odniesienia o wartości 2,5 V, które znajduje się na płytce karty. W takim przypadku zakres napięć wejściowych zostanie ograniczony do zakresu 0...2,5 V, a dodatkowo zmniejszy się liczba dostępnych kanałów analogowych, gdyż jeden kanał przetwornika A/C zostanie wykorzystany jako wejście źródła napięcia odniesienia. Jako napięcie odniesienia można także zastosować zewnętrzne źródło o wartości napięcia 2,5...5 V.

Komunikacja z kartą odbywa się z prędkością 57600 b/s, bez bitu parzystości, z jednym bitem stopu (57600, N, 1). Odczyt lub zapis do portu zawsze jest inicjowana od strony komputera, a procesor odpowiada na zapytanie lub przekierowuje dane do określonego portu. Ponieważ oprócz „użytecznych” danych konieczne jest wysłanie także informacji, czego dana operacja będzie dotyczyła, dlatego transmisja została uformowana w komendy określające rodzaj wykonywanego polecenia. Wszystkie komendy formowane są przy pomocy znaków ASCII, dlatego do obsługi karty można użyć dowolnego terminala portu szeregowego (np. Hyper Terminal dostępny w systemie Windows). Przy odczycie danych z portów można określić w jakim formacie mają być wysłane do komputera, możliwe są

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Interfejs USB
- Zasilanie z USB
- Komunikacja z prędkością 57600 b/s
- 22 programowane linie wejścia/wyjścia
- Możliwość bezpośredniego sterowania diodami LED
- Wewnętrzne rezystory „pullup” dla portu RB
- 8 kanałów analogowych z rozdzielczością pomiaru 10 bitów
- Komunikacja przy pomocy znaków ASCII
- Sterowanie dowolnym terminalem portu szeregowego
- Różne formaty danych wysyłanych do komputera
- Wbudowane źródło napięcia odniesienia dla przetwornika A/C

trzy formaty: dziesiętny – zwracane są trzy znaki ASCII reprezentujące wartość wejściową portu. Dane mogą być także zwrócone w postaci heksadecymalnej składającej się z dwóch znaków ASCII reprezentującej wartość HEX. Ostatnią formą jest postać binarna, jednak nie jest to kombinacja ośmiu zer i jedynek wysłanych jako liczby ASCII 0 i 1. W tej formie zwracany jest jeden bajt bez żadnego kodowania reprezentujący stan wybranego portu.

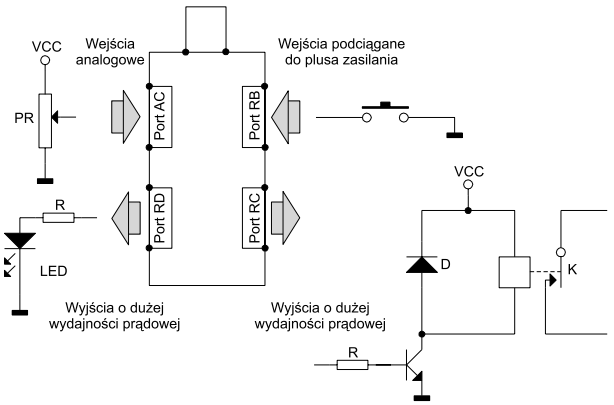
Dla odczytu danych z portu analogowego oprócz formatów dostępnych dla zwykłych portów, dane mogą być przetworzone i wysłane do komputera bezpośrednio w postaci napięcia. Wartości te są podawane z dokładnością dwóch miejsc po przecinku i mogą być przetwarzane w dwóch zakresach napięć: 0...5 V oraz 0...2,5 V, co umożliwia wykorzystanie tej funkcji

dla napięcia odniesienia przetwornika A/C równego 2,5 V lub 5 V. Na rys. 1 pokazano możliwe do zastosowania elementy zewnętrzne, które mogą być obsługiwane przez kartę.

Budowa interfejsu

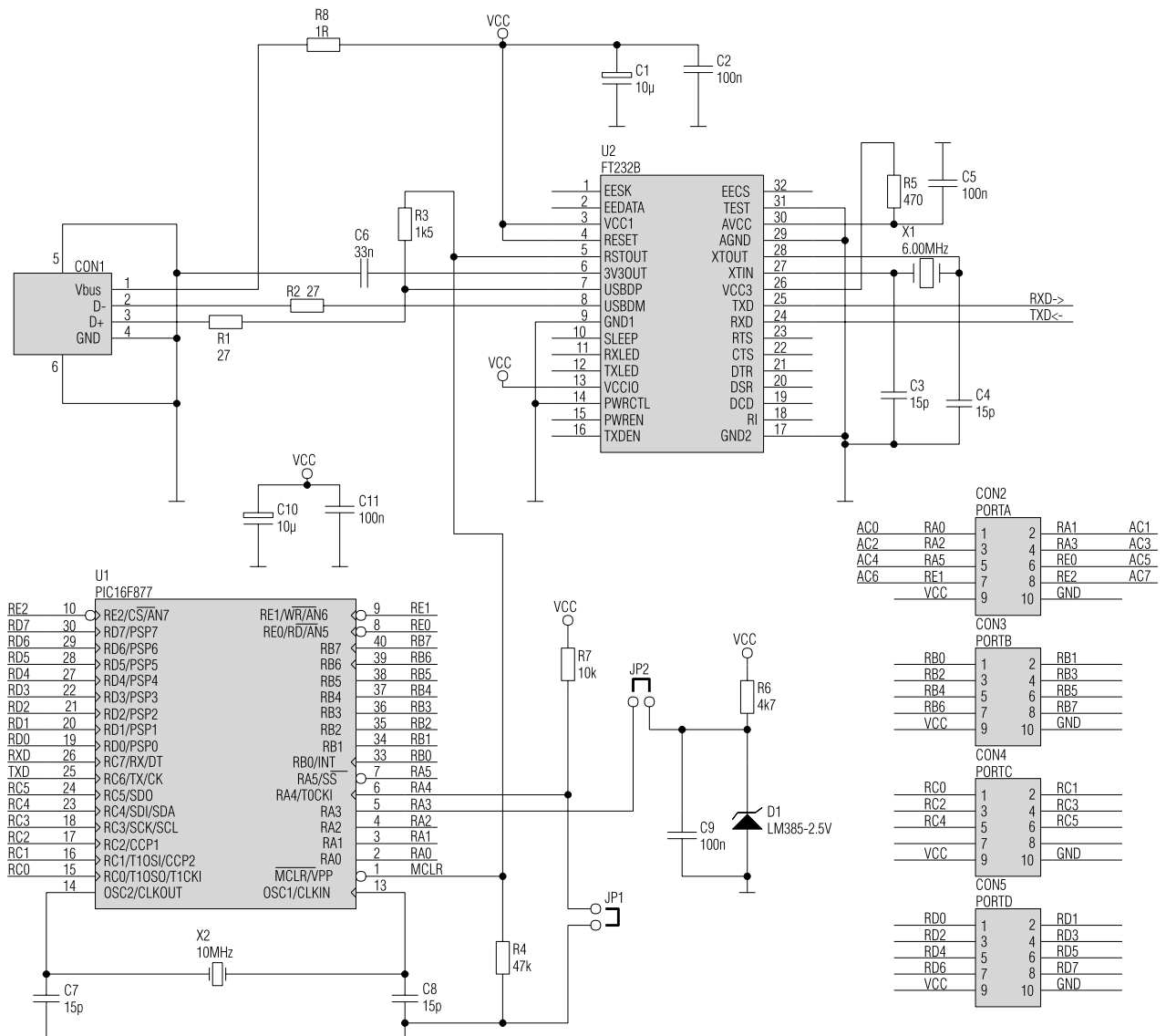
Schemat elektryczny karty przedstawiono na rys. 2. Cały układ można podzielić na dwa bloki funkcjonalne: blok konwersji danych pomiędzy interfejsem USB a RS232(TTL) oraz blok wykonawczy w postaci mikrokontrolera.

Do konwersji USB<->RS232 zastosowany został układ FT232BM, który pracuje w typowej konfiguracji zalecanej przez producenta.

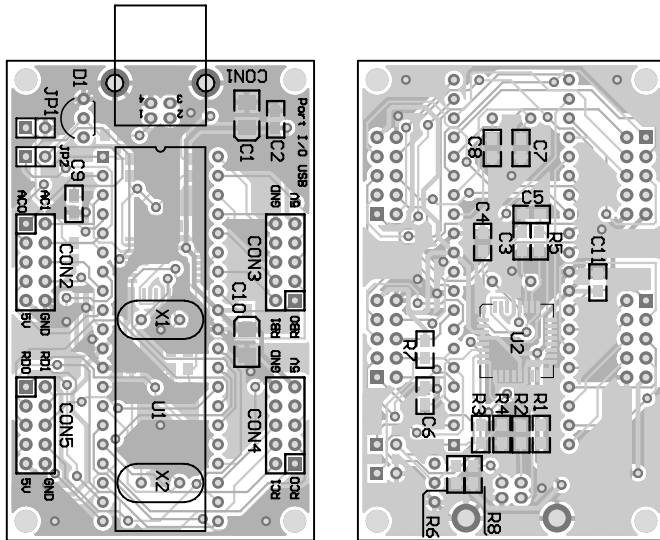


Rys. 1. Elementy zewnętrzne mogące współpracować z kartą portów dodatkowych

Na wyjściu układu otrzymuje się wszystkie sygnały obecne w standardowym porcie RS232 włącznie z sygnałami kontroli transmisji: CTS, RTC, DTR, DSR. Dla potrzeb karty wykorzystywane są tylko linie transmisyjne RxD i TxD, nie



Rys. 2. Schemat elektryczny karty portów



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce karty portów

ma więc sprzętowej kontroli przepływu danych. Podyktowane to jest tym, że komunikacja z komputerem odbywa się na zasadzie pytanie – odpowiedź i zawsze jest inicjowana przez komputer. Dlatego po wydaniu polecenia przez komputer program sterujący będzie oczekiwał na dane z karty, przez co nie jest konieczne sprzętowe kontrolowanie transmisji. Dzięki temu do komunikacji potrzebne są tylko dwa wyprowadzenia procesora.

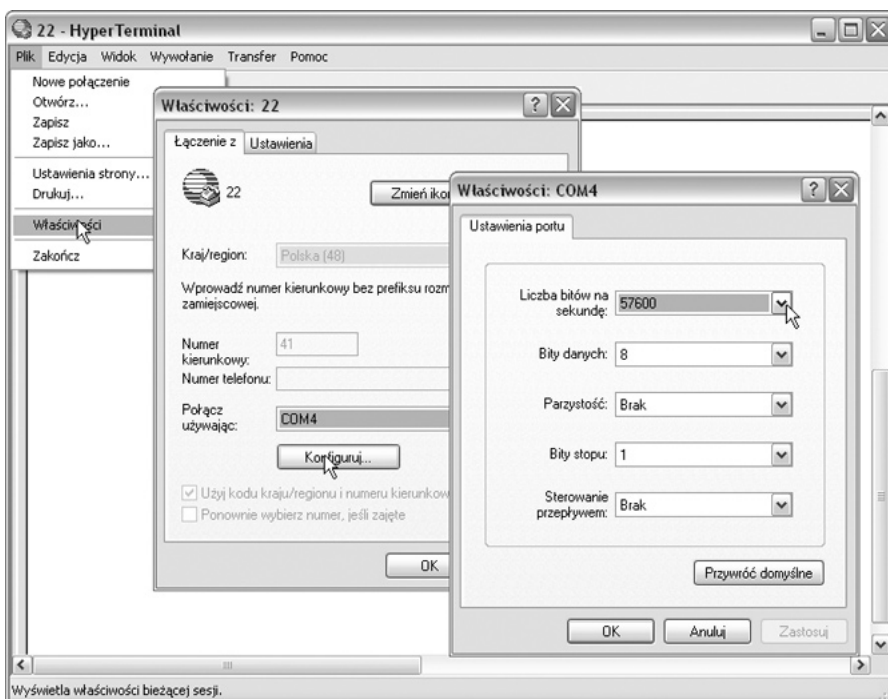
W urządzeniu zastosowano procesor typu PIC16F877, który między innymi posiada pięć (niepełnych) portów wejścia/wyjścia oraz 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy.

wego, który jest przypisany do portu RC6 i RC7, dlatego tylko sześć wyprowadzeń tego portu dostępne jest jako uniwersalne wejścia/wyjścia. Port RC jest wyprowadzony na złącze CON4. Pełny ośmiobitowy port RB jest wyprowadzony na złącze CON3, a drugi pełny port RD na złącze CON5. Port RB posiada dodatkowo wewnętrzne rezystory podciągające do plusa zasilania (wymuszające stan wysoki) jeśli dana linia portu skonfigurowana zostanie jako wejściowa, co umożliwia bezpośrednie dołączenie, na przykład przycisków.

Analogowy port RA dostępny jest na złączu CON2 i stano-

wi połączenie portów procesora RA i RE, jednak w trybie przetwornika A/C z portów tych uzyskuje się osiem kolejnych wejść analogowych. Przetwornik AC może pracować w dwóch trybach: z wewnętrznym źródłem napięcia odniesienia oraz z zewnętrznym. Wewnętrzne napięcie odniesienia jest mało stabilne, gdyż stanowi jedynie wewnętrzne połączenie z napięciem zasilania procesora. Napięcie to jest napięciem pochodzącym z linii zasilania komputera, przez co jest narażone na zakłócenia i zmiany wartości w zależności od zmian obciążenia. Wykorzystanie tego źródła umożliwia jednak wykorzystanie wszystkich ośmiu kanałów pomiarowych oraz wykonywanie pomiarów w pełnym zakresie dozwolonych dla procesora napięć wejściowych 0...5 V. Jeśli wymagana jest większa dokładność pomiarów, to należy zastosować zewnętrzne źródło, które podłączane jest do portu RA3 (AC3). W ten sposób można uzyskać większą stabilność stosując źródła referencyjne. Źródło o napięciu 2,5 V umieszczono na płytce portów (dioda D1) i może być wykorzystane poprzez zwarcie zworki JP2. Ponieważ źródło to jest dołączane równolegle do portu RA3, który w tym trybie pracy jest także dostępny na złączu CON2, to jako źródło napięcia odniesienia można zastosować zewnętrzne napięcie dołączone do tego portu. W takiej sytuacji zworka JP2 musi być rozwarta. Zastosowanie zewnętrznego źródła zmniejsza liczbę kanałów pomiarowych, dlatego w takim trybie wejście RA3 (AC3) z punktu widzenia wykonywania pomiarów jest nieaktywne. Wybór rodzaju źródła napięcia odniesienia jest wykonywany zworką JP1, jeśli zworka ta jest rozwarta, to przetwornik korzysta z napięcia zasilania procesora (5 V) i dostępne jest osiem kanałów pomiarowych. Przy zworze zwartej napięcie odniesienia dla przetwornika A/C jest pobierane z portu RA3 i aktywne jest tylko siedem kanałów pomiarowych.

Karty portów jest w całości zasilana napięciem o wartości 5 V pochodzącym ze złącza USB. Dodatkowo na każdym złączu, na którym wyprowadzone są poszczególne porty jest dostępne także napięcie 5 V, które może posłużyć do zasilania dołączonych do danego portu układów. Jednak nie należy zbyt obciążać tego napięcia i pobierany sumarycz-



Rys. 4. Konfiguracja Hyperterminala do współpracy z kartą

ny prąd nie powinien być większy niż kilkadziesiąt miliamperów.

Montaż

Rozmieszczenie elementów na płytce karty rozszerzeń przedstawiono na **rys. 3**. Z uwagi na montaż mieszany (elementy przewlekane i SMD) elementy zostały rozmieszczone po obu stronach płytki, co pozwoliło na znaczne ograniczenie jej wymiarów.

Niemal wszystkie elementy SMD znajdują się w otoczeniu układu FT232 i dlatego został on umieszczony od strony lutowania, a procesor oraz złącza od strony elementów. Montaż elementów należy rozpocząć od wlutowania układu FT232, a następnie należy wlutować rezystory i kondensatory umieszczone po tej samej stronie płytki.

W dalszej kolejności montowane są kondensatory umieszczone elementami (C1, C2, C9 i C10). Montaż rezonatorów kwarcowych należy połączyć z montażem podstawki pod procesor, gdyż umieszczone są wewnątrz niej. Najpierw należy wlutować podstawkę, a następnie wewnątrz niej umieścić rezonatory „na leżąco”. W ostatnim etapie montażu należy wlutować diodę D1, zworki JP1 i JP2 oraz złącza CON1...CON5. Po prawidłowym zmontowaniu w podstawkę można zamontować procesor i przejść do instalacji sterowników niezbędnych do komunikacji komputera z układem FT232BM. Podłączenie karty do komputera spowoduje, że zostanie wykryte nowe urządzenie USB i w trakcie instalacji należy wskazać sterowniki, które są dostępne na stronie producenta: <http://www.ftdichip.com/Drivers/FT232-FT245Drivers.htm>. Szczegółowy opis instalacji sterowników opisano w EP3/2005 przy opisie projektu „Radiomodem z USB”. Po zainstalowaniu sterowników w systemie utworzony zostanie wirtualny port szeregowy COM, poprzez który możliwa jest komunikacja z kartą portów przy pomocy aplikacji obsługującej porty szeregowy.

Obsługa karty portów

Komunikacja z kartą odbywa się poprzez wydawanie odpowiednich poleceń przez komputer, po któ-

rych w zależności od typu komendy może zostać zwrócona do komputera żądana wartość lub wysłana do podanego portu. Komendy zostały tak skonstruowane, aby możliwa była obsługa karty przy pomocy dowolnego terminala przy pomocy znaków ASCII, a jednocześnie żeby zawierały jak najmniej znaków, co umożliwi wykonywanie ich z większą częstotliwością, a co za tym idzie częstszy odczyt lub zapis do portów danych. Przykład konfiguracji HyperTerminala dostępnego w systemie Windows jest przedstawiony na **rys. 4**, natomiast spis wszystkich komend znajduje się **tab. 1**.

Każda komenda rozpoczyna się od wysłania znaku odpowiadającego klawiszowi *Escape* na klawiaturze komputera, następnie należy podać znak identyfikujący rodzaj operacji i dane jej dotyczące. Zgodnie z tabelą znaków ASCII klawiszowi *Escape* odpowiada wartość liczbową 0x1B.

Pierwszą komendą, która powinna być wykonana po włączeniu zasilania jest komenda ustawiająca tryb pracy portów – wejście lub wyjście. Komenda ta znajduje się na pierwszej pozycji w tabeli. Po włączeniu zasilania wszystkie porty ustawione są jako wejścia, dodatkowo port RB ma włączone rezystory podciągające do plusa. Aby można było ustawić jakiś stan na wyjściu danego portu należy wcześniej przełączyć go w tryb wyjścia. W komendzie tej po naciśnięciu klawisza ESC i podaniu znacznik komendy „S” należy podać nazwę portu, który ma zostać skonfigurowany, z wyłączeniem portu RA, gdyż on nie podlega konfiguracji. Znaki ASCII przyporządkowane są do portów następująco: B – port RB, C – port RC, D – port RD. Kolejnym parametrem komendy są dwa znaki reprezentujące wartość jaka zostanie wpisana do rejestru danego portu. Ponieważ wartość ta jest 8-bitowa, a ma być podana w postaci znaku ASCII konieczne stało się podzielenie bajtu na dwa znaki ASCII, które przetwarzane są przez mikrokontroler na postać 8-bitowej wartości. Znaki te reprezentują wartość *hex* wyrażoną w znakach ASCII. Dzielnik bajt otrzymuje się

dwie tetrady, ponieważ tetrada składa się z 4 bitów, to możliwa ilość kombinacji wynosi 16. Zgodnie z reprezentacją liczb w postaci heksadecymalnej są znaki 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F. Podając dwa znaki ASCII z tego zakresu można przekazać informację dotyczącą słowa 8-bitowego.

Mikrokontroler odbiera dwa znaki i przetwarza je na postać słowa 8-bitowego. W przykładzie przedstawionym w **tab. 1** (ESC S B 0 F) procesor przetworzy podaną wartość i wpisze do rejestru konfiguracyjnego portu RB wartość 0x0F. Każde wyprowadzenie portu może być niezależnie skonfigurowane, przy czym ustawienie danego bitu powoduje przełączenie danego wyprowadzenia portu w tryb wejścia, natomiast bit wyzerowany przełącza wyprowadzenie w tryb wyjścia.

Zapis danych do portu. Komenda ta umożliwia zapis podanej wartości do danego portu, przy czym aby dane na porcie się pojawiły musi on być skonfigurowany w tryb wyjścia. Stan wyprowadzeń, które znajdują się w trybie – wejścia po wpisaniu nie zmienia się. Zapis do portu

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 27 Ω 0805
R3: 1,5 kΩ 0805
R4: 47 kΩ 0805
R5: 470 Ω 0805
R6: 4,7 kΩ 0805
R7: 10 kΩ 0805
R8: 1 Ω 0805

Kondensatory

C1: 10 μF/10 V 3528
C2: 100 nF 0805
C3, C4: 15 pF 0805
C5: 100 nF 0805
C6: 33 nF 0805
C7, C8: 15 pF 0805
C9: 100 nF 0805
C10: 10 μF/10 V 3528
C11: 100 nF 0805

Półprzewodniki

D1: LM385-2,5 V
U1: PIC16F877 zaprogramowany
U2: FT232BM

Inne

X1: rezonator kwarcowy 6 MHz
X2: rezonator kwarcowy 10 MHz
JP1, JP2: Goldpin 1x2 +zworka
CON1: Gniazdo USB-B
CON2...CON5: Goldpin 5x2

List. 1. Procedura zamiany 8-bitowego słowa na dwa znaki ASCII

```
//tablica znaków ASCII
byte const ASCII [16] ={'0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','A'
,'B','C','D','E','F'};
//Wysyłanie dwóch znaków ASCII reprezentujących bajt wejściowy
Hex_to_ASCII(byte val)
{
    putc(ASCII[val>>4]);
    putc(ASCII[val&0x0F]);
}
```

Tab. 1. Spis komend służących do komunikacji z kartą portów

Rodzaj komendy	Wydana komenda	Reakcja karty
Konfiguracja portów	ESC S n dH dL n– numer portu: B,C,D dH– znak starszej tetrady bajta dL–znak młodszej tetrady bajta	Konfiguracja wskazanego portu jako wejściowego lub wyjściowego. Bajt konfiguracyjny składa się z połączenia dwóch znaków ASCII podanych jako dH i dL. Jeśli dany bit jest równy 1, to odpowiadające wyprowadzenie jest w trybie wejścia.
	Przykład: ESC S B 0 F	Ustawienie czterech młodszych bitów portu RB jako wejścia, a starszych jako wyjścia.
Zapis danych do wskazanego portu	ESC W n dH dL n–numer portu :B,C,D dH– znak starszej tetrady bajta dL–znak młodszej tetrady bajta	Zapis bajta do wskazanego portu składającego się z połączenia dwóch znaków ASCII podanych jako dH i dL.
	Przykład: ESC 1 W B 5 5	Zapis do portu RB wartości 0x55.
Odczyt danych ze wskazanego portu	ESC R n f n– numer portu: B, C, D f– format danych: D, H, B	Odczyt danych z podanego portu w podanym formacie: D – dziesiętnie (0...255), H – heksadecymalnie (00...FF), B – binarnie.
	Przykład: ESC R D B	Odczyt danych z portu RB i zwrot w postaci dziesiętnej.
Odczyt danych z portu analogowego	ESC A f n n– numer kanału AC: 0...7 f– format danych: D, H, B, 2, 5	Pomiar napięcia z wskazanego kanału A/C zwrot wartości w podanym formacie: D – dziesiętnie (0000...1023), H – heksadecymalnie (0000...03FF), B – binarnie, 2 – dziesiętnie w woltach (0...2,50 V), 5 – dziesiętnie w woltach(0...5,00 V).
	Przykład: ESC 1 A 5 0	Pomiar napięcia dla kanału AC0 i zwrot w postaci napięcia o zakresie 0...5,00 V.

wykonuje się w sposób analogiczny, jak to ma miejsce w przypadku ustawiania trybu pracy portów, z tą różnicą, że jako parametr komendy należy podać znak „W”. Tak samo jest „składany” także bajt danych wysyłanych do portu. Po wysłaniu po raz pierwszy komendy zapisu do portu istnieje możliwość wpisu kolejnych wartości do tego samego portu w sposób skrócony: parametr portu zostaje zapamiętany i kolejny wpis możliwy jest poprzez podanie kolejnych dwóch znaków będących wartością jaka ma zostać wpisana do portu. Wyjście z tego trybu następuje po naciśnięciu klawisza ESC.

Odczyt danych z portu. Komenda umożliwia odczyt danych ze wskazanego portu w podanym formacie. Komenda ta dotyczy portów RB, RC i RD, a odczytana wartość podanego portu może zostać zwrócona do komputera w jednym z trzech formatów: D–dziesiętnie trzy znaki ASCII określające stany na poszczególnych liniach wskazanego portu – zakres 000...255. Dla portu RC z uwagi na dostępność tylko sześciu linii zakres wynosi 000...063. H – heksadecymalnie dwa znaki ASCII – zakres 00...FF, dla portu RC zakres – 00...3F. B– binarnie jeden nie kodowany bajt określający stan danego portu. Po wprowadze-

niu komendy odczytu i parametrów kolejny odczyt z portu z tymi samymi parametrami można wykonać w sposób skrócony – podając tylko nazwę portu, przy czym nie musi to być ten sam port, który był wybrany przy wydawaniu komendy. Podając znaki B, C lub D, zostanie zwrócony stan portu odpowiednio RB, RC lub RD. Wyjść z trybu odczytu można poprzez naciśnięcie klawisza ESC.

Odczyt danych z portu analogowego. Komenda umożliwia odczyt wartości napięcia ze wskazanego kanału przetwornika AC i zwrot tej wartości w jednym z formatów: D – dziesiętnie cztery znaki – zakres 0000...1023, H – heksadecymalnie –cztery znaki – zakres 0000...03FF, B – binarnie – dwa bajty reprezentujące rejestry przetwornika AC – 0000...03FF, 2 – zmierzone napięcie w woltach z dwoma miejscami po przecinku, wartość obliczona dla zewnętrznego źródła napięcia odniesienia równego 2,5 V – zakres 0,00...2,50, 5–zmierzone napięcie w woltach z dwoma miejscami po przecinku, wartość obliczona dla źródła napięcia odniesienia równego 5 V – zakres 0,00...5,00. Podobnie jak w poprzednich przypadkach po wydaniu komendy pomiaru kolejne pomiary mogą być wykonywane

w sposób uproszczony poprzez podanie tylko numeru kanału pomiarowego, przy czym kanał może być różny od podanego wraz z komendą. Podając kolejno znaki z zakresu 0...7, można odczytać napięcie z wszystkich wejść analogowych w podanym wcześniej formacie. Wyjść z trybu odczytu napięcia można poprzez naciśnięcie klawisza ESC.

Dla osób chcących stworzyć własne oprogramowanie sterujące na **list. 1** jest przedstawiona procedura zamieniająca liczbę 8-bitową na dwa znaki ASCII wymagane dla pracy prezentowanej karty portów dodatkowych. Procedura ta jest napisana w języku C, jednak jest bardzo prosta i łatwo można ją przekształcić na inne języki programowania. Procedurę należy wywołać z parametrem, który jest liczbą 8-bitową i ma być wysłana do portu karty rozszerzeń. W procedurze tej najpierw wysyłany jest znak pobrany z tablicy „ASCII” odpowiadający wartości liczbowej starszej tetrady bajta i wysłany poleceniem *putc()*; następnie tak samo zostaje przetworzona młodsza tetrad bajta i również wysłana poleceniem *putc()*;

Krzysztof Pławiuk, EP
krzysztof.plawiuk@ep.com.pl