

Radiowy pilot do PC

AVT-5032

Pilot do PC, opracowany w redakcyjnym laboratorium, cieszy się wśród naszych Czytelników zaskakująco dużym powodzeniem. Okazało się, że obszar możliwych zastosowań tego pilota jest tak szeroki, że zastosowane w nim medium transmisyjne - promieniowanie podczerwone - jest w niektórych aplikacjach lub warunkach nieodpowiednie. Aby temu zaradzić postanowiliśmy zaprojektować tego pilota w nowej wersji, tym razem wykorzystującej fale radiowe.

Sterowanie pewnymi funkcjami komputera za pomocą podczerwieni jest stosunkowo łatwe, ale posiada jedną wadę: możliwe jest tylko wtedy, kiedy pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem nie ma żadnych większych przeszkód stanowiących zaporę dla promieniowania podczerwonego. To właśnie ograniczenie jest w pewnych warunkach bardzo uciążliwe. Posiadam komputer wyposażony w kartę graficzną z wyjściem TV i napędem DVD, który często wykorzystuję do oglądania filmów. Jeżeli film ma być oglądany tylko przez jedną osobę, to nie ma problemu: można w tym celu wykorzystać monitor komputera, zapewniając sobie jednocześnie niepowtarzalną jakość obrazu. Sprawa komplikuje się, kiedy projekcję ma obejrzeć kilka osób i kiedy godząc się z nieuniknioną stratą jakości obrazu, oglądamy filmy na ekranie telewizora. Telewizor umieszczony jest w drugim pokoju, w odległości ok. 6 metrów od komputera i odgradzony od niego ścianą. Wykorzystanie pilota na podczerwień stało się niemożliwe, a częste przechodzenie do drugiego pokoju w celu dokonania jakichkolwiek regulacji czy chociażby wstrzymania na chwilę projekcji było bardzo uciążliwe.

Powyższy problem został, ku ucieście rodziny, rozwiązany w bardzo prosty sposób. Do sterowania komputerem postanowiłem zaprojektować pilota na fale radiowe. Konstruując prosty nadajnik i odbiornik udało mi się zaoszczędzić

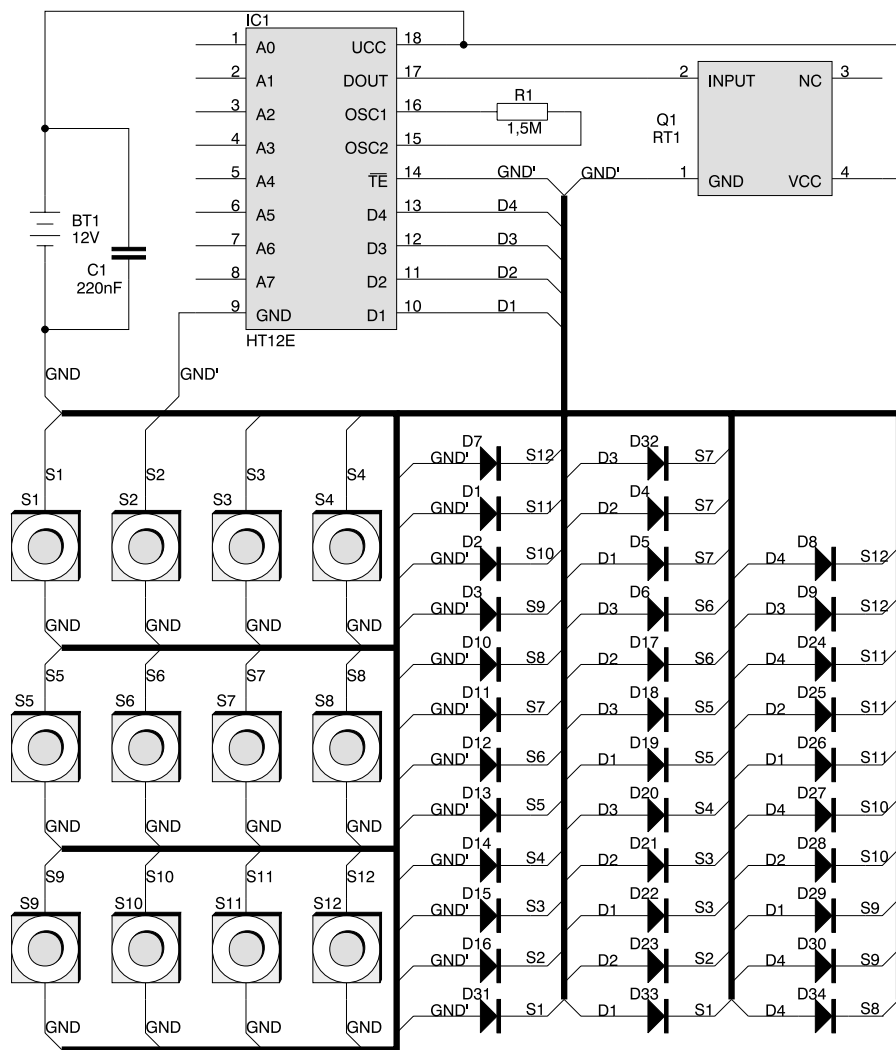


spora sumę pieniędzy albo przynajmniej odłożyć na jakiś czas wydatek rzędu 4 tysięcy złotych, bo tyle właśnie kosztuje dobry stacjonarny odtwarzacz DVD lub drugi komputer w przyzwoitej konfiguracji.

W przeciwieństwie do układu zdalnego sterowania pracującego w podczerwieni (konstrukcja AVT-5033 opisana w EP11/2001), nie zrezygnowałem tym razem z projektowania pilota - nadajnika radiowego. Takiego układu z pewnością nie można kupić gotowego i dlatego będziecie musieli trochę pomęczyć się z wykonaniem obudowy do samodzielnie zmontowanego pilota.

Opis działania

Do przekazywania danych drogą radiową wykorzystałem moduły nadawczo - odbiorcze włoskiej firmy Telecontrolli. Zastosowanie tych modułów radykalnie uproszczyło konstrukcję nadajnika i odbiornika i spowodowało, że jest



Rys. 1. Schemat elektryczny nadajnika radiowego.

on możliwy do wykonania nawet przez zupełnie nie obeznaną z radiotechniką elektroników.

Obydwa moduły wykonane zostały w cienkowarstwowej technologii hybrydowej i dostrojone są do obowiązującej (w Polsce) dla tego rodzaju urządzeń częstotliwości 433,92MHz. Umożliwiają szeregową transmisję danych cyfrowych z maksymalną częstotliwością 2kHz. Podczas testów okazało się, że umożliwiają one łączność nawet do 100 i więcej metrów, ale pod warunkiem, że pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem nie znajdują się żadne przeszkody mogące w znaczącym stopniu tłumić fale radiowe. W terenie zabudowanym oraz wewnątrz pomieszczeń zasięg jest trudny do przewidzenia, ale można przyjąć, że nie będzie mniejszy niż 10...15m. Moduły te były już opisywane w EP i dlatego podam tylko ich najważniejsze parametry (tab. 1).

Do bezpośredniej transmisji danych zostały wykorzystane popularne i wielokrotnie już stosowane w naszych projektach układy HT12E i HT12D, które umożliwiają, niezależnie od sprawdzenia kodu transmisji i zasygnalizowania jego zgodności w nadajniku i odbiorniku, przekazanie czterech bitów dowolnych danych. Współdziałanie kodera i dekodera przebiega następująco: nadajnik (koder) wysyła kody adresowe, a odbiornik porównuje je z własnymi i jeżeli dwa kolejne porównania wypadają pozytywnie, to na wyjściu TX/RX pojawia się poziom wysoki. Wysłane następnie przez nadajnik czterobitowe słowo zostaje przekazane na wejścia danych dekodera i utrzymuje się tam (zostaje zatrzaśnięte w buforze wyjściowym) do czasu odebrania nowej, ważnej transmisji z nowymi danymi. Po ustaniu transmisji wyjście TX/RX powraca do

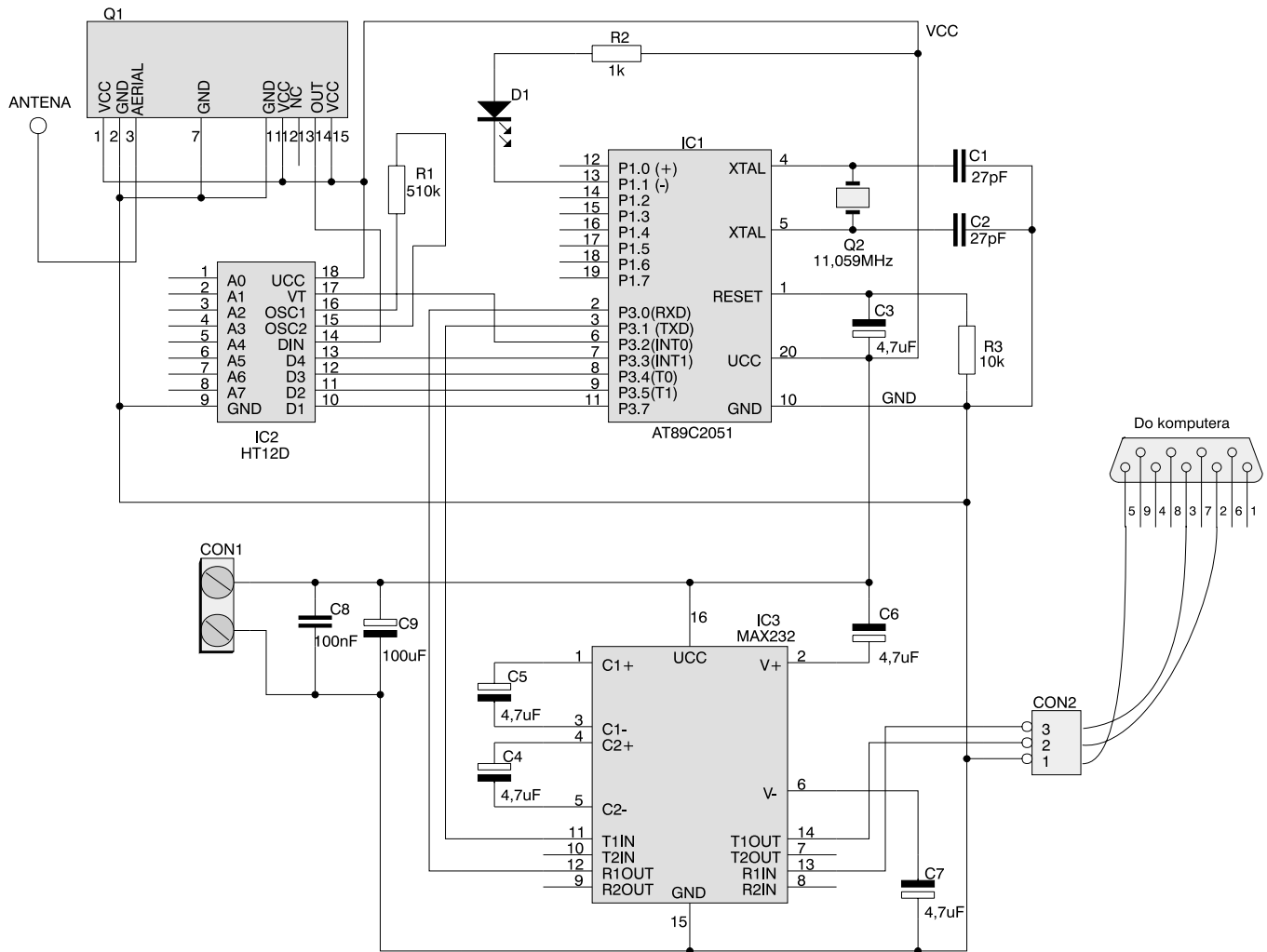
poziomu niskiego. Do bezpośredniego przekazywania danych z dekodera do komputera został zastosowany procesor typu AT89C1051.

Na rys. 1 pokazano schemat nadajnika - pilota transmitującego dane na falach radiowych. Jedyńm, trochę rozbudowanym fragmentem tego układu jest klawiatura, dołączona do kodera HT12E za pomocą matrycy zbudowanej aż z 34 diod. Taka komplikacja układu została spowodowana koniecznością jednoczesnego włączania napięcia zasilającego i podawania kodu wysyłanego polecenia na wejścia D1...D4 kodera. Należy zauważyć, że naciśnięcie któregośkolwiek z klawiszy powoduje nie tylko wymuszenia poziomów niskich na odpowiednich wejściach IC1, ale także połączenie ujemnego bieguna zasilającej (GND) z masą układu (GND). Ponieważ wejście zezwolenia kodera - !TE jest na stałe połączone z masą, układ rozpoczyna pracę natychmiast po włączeniu zasilania, podając na wejście danych nadajnika Q1 ciąg impulsów zawierających kod naciśniętego klawisza. Sygnał pobierany z wyjścia DOUT kodera wykorzystywany jest do kluczowania pracy nadajnika radiowego Q1.

Opiszemy teraz układ odbiornicy, którego schemat przedstawiono na rys. 2. Składa się on zaledwie z trzech układów scalonych. Zadaniem dekodera IC2 jest dekodowanie ciągu impulsów nadchodzących z odbiornika radiowe-

Tab. 1. Podstawowe parametry modułów RT1 i RR4.

| Nadajnik RT1 | |
|--|---------------------------------|
| Częstotliwość fali nośnej nadajnika dostarczanego na polski rynek: | 433,92MHz ±0,5MHz |
| Napięcie zasilania: | 9...14VDC |
| Pobierany prąd: | 3mA |
| Maksymalna częstotliwość transmisji danych: | 4kHz |
| Wymiary: | 7,6x19mm |
| Nadajnik nie wymaga stosowania zewnętrznej anteny. | |
| Odbiornik RR4 | |
| Odbiornik superreakcyjny o stałej częstotliwości odbioru | |
| Częstotliwość robocza odbiornika dostarczanego na polski rynek: | 433,92MHz ±0,2MHz |
| Napięcie zasilania: | 5VDC |
| Pobierany prąd: | 2,5mA |
| Napięcie wyjściowe: | TTL |
| Czułość: | -105dBm (2,2µV _{rms}) |
| Maksymalna częstotliwość transmisji danych: | 2kHz |
| Antena: odcinek przewodu długości kilkunastu centymetrów. | |



Rys. 2. Schemat elektryczny odbiornika radiowego.

go RR4 - Q1. W dekodery następuje porównanie dwóch kolejno odebranych kodów adresowych i jeżeli te porównania wypadają pozytywnie, to na wyjściu TX/RX powstaje poziom niski. Wówczas wysłane przez nadajnik czterobitowe słowo zostaje przekazane na wyjścia danych dekodera i utrzymuje się tam (zostaje „zatrzaśnięte” w buforze wyjściowym) do czasu odebrania nowej, ważnej transmisji z nowymi danymi.

Odebrane przez dekodery dane analizowane są następnie przez procesor 89C2051 i poprzez układ MAX232 kierowane do komputera. Zastosowanie procesora było konieczne, ponieważ bez tego elementu nie byłoby w stanie nawiązać łączności z portem szeregowym komputera. Było to rozwiązanie najprostsze, ale trochę szkoda mi tego procesora. Program sterujący jego pracą jest tak prosty, że możliwości tego 20-pinowego

układu pozostają niewykorzystane. No cóż, mamy za to sporo wolnego miejsca w pamięci procesora, które możemy przeznaczyć do ewentualnej rozbudowy układu. Kilka linijek programu, przedstawionych na **list. 1** wystarcza, aby komputer otrzymywał nadane z radiowego pilota informacje.

Montaż i uruchomienie

Na **rys. 3 i 4** pokazano rozmieszczenie elementów na płytce obwodów drukowanych nadajnika i odbiornika, wykonanych na laminacie dwustronnym z metalizacją otworów. Montaż nadajnika rozpoczynamy od mozolnego wlotowania w płytkę 34 diod i rezystora. Do scalonego układu kodera wyjątkowo nie stosujemy podstawki, ale lutujemy go bezpośrednio w płytkę. Ostatnią czynnością montażową będzie wlotowanie w płytkę 12 przycisków.

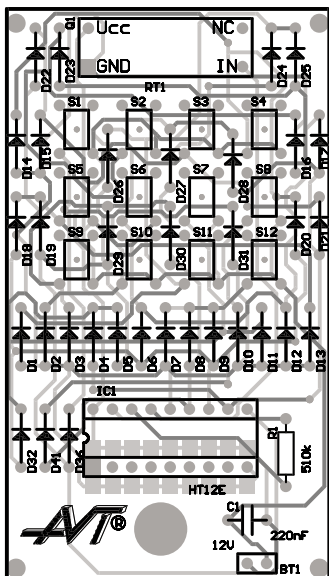
Układ nadajnika powinien być zasilany napięciem stałym o war-

```

List. 1.
$crystal = 11059200      'określenie częstotliwości oscylatora wewnętrznego procesora
$baud = 9600             'określenie szybkości transmisji danych
Dim Code As Byte
Reset P1.1               'włącz diodę LED
Waitms 100              'zaczekaj 100 ms
Set P1.1                 'wyłącz diodę LED
Print "Nice to see you" 'wyświetl komunikat powitalny (widoczny tylko na ekranie
                        'terminala podczas testowania układu)

Do
    'początek petli bez końca
    If P3.2 = 1 Then     'jeżeli została odebrana ważna transmisja, to:
        Reset P1.1      'włącz diodę LED
        Code = 0
        Code.0 = P3.7   'nadanie wartości najmłodszemu bitowi zmiennej CODE
        Code.1 = P3.5   'nadanie wartości kolejnemu bitowi zmiennej CODE
        Code.2 = P3.4   'nadanie wartości kolejnemu bitowi zmiennej CODE
        Code.3 = P3.3   'nadanie wartości najstarszemu bitowi zmiennej CODE
        Print Code      'wysłanie do portu RS232 komputera odebranej komendy
        Waitms 200      'zaczekaj 200ms
        Set P1.1        'wyłącz diodę LED
    End If
Loop

```



Rys. 3. Schemat montażowy płytki nadajnika.

tości około 12V, np. z baterii 12V przeznaczonej do pracy w pilotach do samochodowych układów alarmowych.

Układ odbiornika montujemy podobnie, jak odbiornik przeznaczony do współpracy z nadajnikiem kodu RC5. Płytkę tego układu została zwymiarowana pod obudowę Z24, do której po umieszczeniu w niej płytki, możemy zamocować krótką antenę, pochodzącą z jakiegoś niewielkiego odbiornika radiowego. Antenę dołączamy do punktu oznaczonego na płytce stosownym napisem.

Odbiornik powinien być zasilany napięciem stabilizowanym +5VDC, najlepiej pobieranym z game portu komputera. Sposób podłączenia zasilania został dokładnie opisany w artykule o pilocie do WinAmpa (EP8 i 9/2001).

Zmontowany ze sprawdzonych elementów układ nie wymaga jakiegokolwiek uruchamiania ani regulacji, z wyjątkiem ustawienia kodów adresów, identycznych w nadajniku i w odbiorniku. Kod w nadajniku i w odbiorniku ustawiamy łącząc z masą, z plusem zasilania lub pozostawiając nie podłączone końcówki A0...A7 układu kodera i dekodera. Połączenia wykonujemy za pomocą kropelek cyny nakładanych na specjalnie powiększone punkty lutownicze na spodniej stronie płytki. Ustawianie adresów nie jest w zasadzie konieczne i równie dobrze możemy pozostawić wszystkie wejścia adresowe odbiornika i na-

dajnika nie podłączone. Ustawienie adresu będzie konieczne tylko w przypadku, kiedy posługiwać się będziemy dwoma nadajnikami radiowymi wykorzystującymi kodery HT12E, bo zapobiegnie wzajemnemu zakłócaniu się dwóch urządzeń.

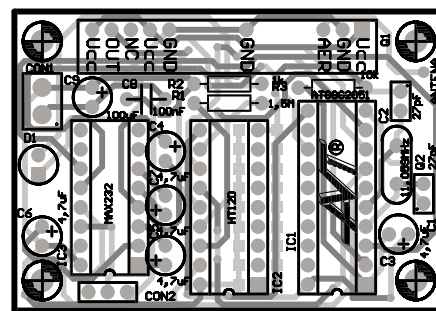
Oprogramowanie

Użytkownikom pilota do PC chciałbym polecić program o nazwie DRCS (*Dalton Remote Control Software* www.dalton-electronics.com/DRCS). Jest to program o wręcz fantastycznych możliwościach, umożliwiający nie tylko sterowanie odtwarzaczami muzyki i płyt DVD, ale także wieloma funkcjami Windows ze sterowaniem ruchami myszki włącznie. Program ten należy do kategorii freeware, tak więc możecie korzystać z niego bez żadnych ograniczeń. Wielką jego zaletą jest to, że nie jest on związany z konkretnym odbiornikiem. Po prostu, przechwytuje on sygnały docierające do wskazanego portu COM i interpretuje je zgodnie z naszym życzeniem. Natomiast pewną wadą programu jest dość skomplikowana obsługa.

Program DRCS dystrybuowany jest w postaci pliku ZIP o objętości ok. 200kB. Po rozpakowaniu tego pliku umieszczamy jego zawartość w dowolnym katalogu, a ponieważ program DRCS nie wymaga instalacji, na tym kończy się czynności przygotowawcze.

Po pierwszym uruchomieniu programu możemy pobawić się nim chwilę, obejrzeć przykładowe zestawy komend dostarczone przez producenta. Następnie proponowałbym skasować plik DRCS.DAT lub przenieść go do innego katalogu niż ten, w którym został zainstalowany program. Pozwoli nam to na rozpoczęcie konfiguracji programu od samego początku, co zawsze jest prostsze niż poprawianie „gotowców” dostarczonych przez producenta.

Zanim jednak rozpoczniemy działania związane z dostosowaniem do naszych potrzeb i eksploatacją programu DRCS, musimy odpowiednio ustawić jego konfigurację. W tym celu klikamy ukazaniem się na ekranie małego okna konfiguracyjnego (rys. 5). Ustawiamy w nim kolejno:



Rys. 4. Schemat montażowy płytki odbiornika.

1. *COM port*: port COM2 lub COM1, ten do którego nie jest dołączona myszka.
2. *Speed*: 9600 baud.
3. *Data bits*: 8.
4. *Parity*: None (brak kontroli parzystości).
5. *Stop bit*: 1 bit stopu.

Pozostałe parametry możliwe do ustawienia w okienku konfiguracyjnym pozostawiamy na razie bez zmian.

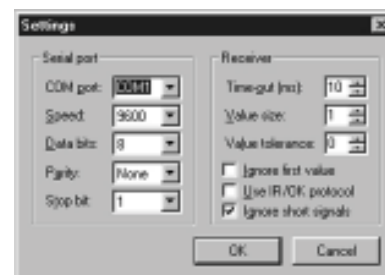
Musimy teraz omówić ogólną „filozofię” programu DRCS. Program ten operuje trzema podstawowymi pojęciami:

1. *REMOTE*, co z pewnym przybliżeniem możemy przetłumaczyć jako „pilot”. Pamiętajmy jednak, że pilot w programie DRCS jest wyłącznie pojęciem wirtualnym i jest związany z naszym pilotem - nadajnikiem za pomocą dodatkowych elementów programowych.

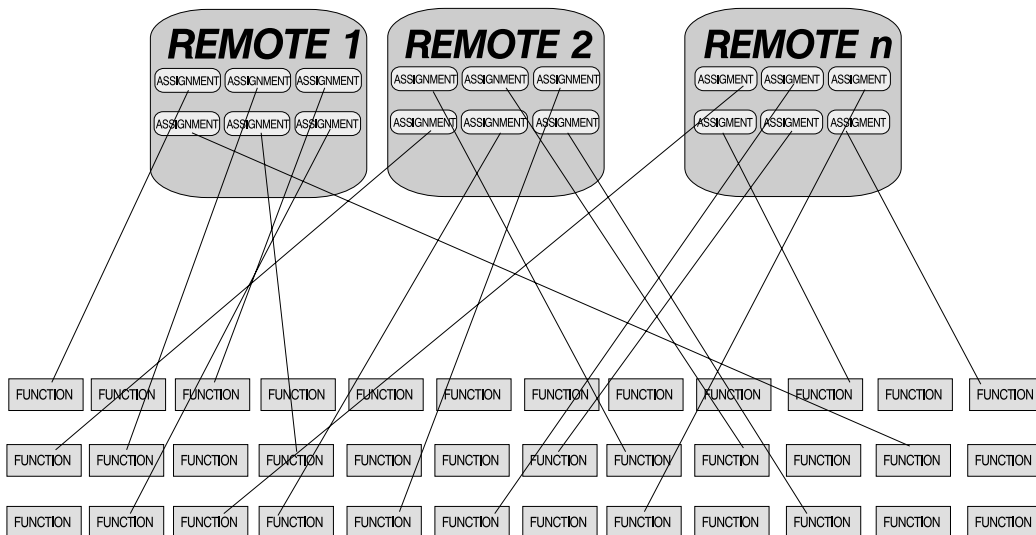
2. *ASSIGNMENT*, co możemy określić jako „przycisk” wirtualnego pilota, który jednak będzie miał swój odpowiednik na klawiaturze naszego pilota.

3. *FUNCTION*, czyli czynność jaką program ma wykonać po naciśnięciu przycisku pilota wirtualnego, czyli połączonego z nim poprzez łącze RS232 i transmisję sygnałów właściwego pilota radiowego.

Liczba pilotów, jakie możemy zdefiniować w programie DRCS nie



Rys. 5. Widok panelu konfiguracyjnego łącza szeregowego programu DRCS.



Rys. 6. Przykładowa konfiguracja kilku wirtualnych pilotów w programie DRCS.

jest ograniczona, podobnie jak liczba klawiszy w jakie zostanie wyposażony każdy z pilotów. Możemy zatem tworzyć sobie osobne, włączane z poziomu programu DRCS piloty do każdej aplikacji Windows, która może wymagać zdalnego sterowania. Możemy utworzyć oddzielne piloty do jednego lub kilku odtwarzaczy DVD, jakie mamy zainstalowane w systemie, do tunera TV i radiowego, do prezentacji multimedialnych, wyświetlania slajdów i wielu innych aplikacji. Wyjątkiem będą tu odtwarzacze plików MP3, które nie mogą być sterowane za pomocą skrótów klawiaturowych. Sterowanie ich w ten sposób np. podczas pracy nad tekstem umilanej słuchaniem muzyki byłoby bardzo niewygodne. Jednak do tych programów istnieją specjalne pluginy, umożliwiające zdalne sterowanie z pominięciem klawiatury.

Wracamy jednak do konfigurowania programu DRCS. Na rys. 6 pokazano w sposób poglądowy powiązanie pomiędzy wirtualnymi pilotami, ich przyciskami i pełnionymi przez nie funkcjami. Należy jeszcze dodać, że liczba zdefiniowanych funkcji jest dowolna i że mogą one być wykorzystywane przez kilka pilotów i przycisków.

Przykładowym programem, do którego „dobudujemy” układ zdalnego sterowania będzie popularny program odtwarzania płyt DVD - Power DVD, jeden z lepszych programów w tej klasie (rys. 7). Używam go od dawna i nie sądzę, aby jakiegokolwiek inne oprogramo-

wanie mogło dawać większe możliwości i większy komfort oglądania filmów DVD. Oczywiście, inne odtwarzacze niewiele mu ustępują, a spośród nich szczególnie wart jest polecenia FreeDVD, darmowy program który ściągnąć można z www.mapleware.com/freedvd.

Pracę rozpoczniemy od dokładnego zapoznania się z programem, którego działaniem będziemy zdalnie sterować. W szczególności musimy poznać wszystkie skróty klawiaturowe służące do jego obsługi i najlepiej zapisać sobie te informacje. Dla przykładu podam wybrane skróty stosowane w odtwarzaczu Power DVD:

- PLAY (odtwarzaj) klawisz ENTER,
- NEXT (następny akt filmu) klawisz N,
- PREVIOUS (poprzedni akt filmu) klawisz P,
- PAUSE (pauza) klawisz spacji,
- POWER (koniec oglądania filmu) klawisze CTRL + X itd.

W następnym etapie pracy należy utworzyć w programie DRCS nowego pilota, któremu możemy nadać dowolną nazwę, np. Power DVD. W celu utworzenia pilota klikamy kolejno REMOTE i NEW, a następnie podajemy z klawiatury wybraną nazwę (rys. 8).

Mamy już wirtualnego pilota, ale jego także wirtualna klawiatura jest jak na razie pozbawiona przycisków. Zgodnie z logiką,

pierwszym z nich powinien być klawisz włączający „zasilanie” playera DVD i od niego właśnie rozpoczniemy definiowanie klawiatury. Klikamy kolejno na ASSIGNMENT i ADD, co powoduje ukazanie się okienka widocznego na rys. 9. Tekst w okienku zaprasza nas do naciśnięcia klawisza w pilocie, któremu chcemy podporządkować daną funkcję. Oczywiście, tym razem nie jest to już pilot wirtualny, ale nadajnik za pomocą którego bę-

dziemy zdalnie obsługiwać odtwarzacz DVD. Po naciśnięciu wybranego przycisku okienko zachęty znika, a na jego miejscu pojawia się okno z wykazem wirtualnych klawiszy, jakie mamy już do dyspozycji. Oczywiście, jak na razie mamy tylko jeden klawisz, któremu powinniśmy nadać jakąś nazwę, np. POWER ON (rys. 10).

Pojawia się teraz następny problem do rozwiązania: mamy już zdefiniowany pierwszy klawisz, ale naciskanie przypisanego mu przycisku w pilocie (tym realnym, nie wirtualnym) jak na razie nic nie da. Potrzebne jest jeszcze zdefiniowanie funkcji, jaką ma pełnić dany przycisk wirtualnego pilota. A zatem, klikamy kolejno TOOLS i DEFINE FUNCTIONS i po pojawieniu się kolejnego okienka wybieramy opcję NEW (nowa funkcja) i nadajemy jej jakąś nazwę. Następnie musimy określić, jaka właściwie czynność ma być związana z tą funkcją. Otwieramy okienko oznaczone ACTIONS i rozwija się menu



Rys. 7. Okno odtwarzacza Power DVD.



Rys. 8. Okno definiowania nazwy nowego sterownika.

z różnymi rodzajami akcji, jakie można przyporządkować utworzonej funkcji. Do wyboru mamy:

1. Simulate keyboard (symulacja naciśnięcia klawiszy klawiatury PC).
2. Simulate mouse (symulacja ruchów myszki i naciśnięcia jej klawiszy).
3. Execute a file (otwórz program), z której za chwilę skorzystamy.
4. Min/max/restore (minimalizacja i maksymalizacja okienek WINDOWS).
5. Switch between applications (przełączanie aktywnych aplikacji).
6. Change volume (zmień siłę głosu).
7. Stop computer (wyłącz komputer).
8. Execute functions (wykonaj inne funkcje).

Ponieważ funkcja, którą obecnie redagujemy ma służyć uruchomieniu programu Power DVD wybieramy opcję *Execute a file*. W okienku pojawia się wówczas wolne pole, w które możemy wpisać nazwę pliku, który chcemy otworzyć i ścieżkę dostępu do niego. Ponieważ najczęściej nie pamiętamy wszystkich elementów pełnej ścieżki dostępu do pliku, a niekiedy nawet jego nazwy, wy-



Rys. 9. Okno nauczania programu kodów poleceń.

godnie będzie skorzystać z opcji BROWSE, dzięki której możemy zawsze odszukać potrzebny plik na dysku.

Po zdefiniowaniu funkcji powracamy do okienka aktualnie opracowywanego pilota i klikamy prawym przyciskiem myszki na uprzednio zdefiniowanym klawiszu POWER ON. Wybieramy opcję PROPERTIES i następnie FUNCTION. Z panelu FUNCTION TO EXECUTE wybieramy POWER ON i na tym kończymy definiowanie pierwszego klawisza wirtualnego pilota.

Wprowadźcie jak na razie możemy tylko otworzyć program odtwarzający bez możliwości jego sterowania, ale warto już teraz sprawdzić czy wszystkie czynności wykonaliśmy poprawnie. W tym celu musimy jeszcze tylko uaktywnić program DRCS klikając kolejno FILE i ENABLE. Następnie naciskamy ten przycisk w pilocie, który przeznaczaliśmy do uruchamiania odtwarzacza. Jeżeli podczas pierwszego etapu konfigurowania DRCS nie popełniliśmy błędów, to po sekundzie na ekranie monitora powinna pojawić się strona tytułowa odtwarzacza.

Nie będziemy tu omawiać całego procesu konfigurowania pilota obsługującego odtwarzacz DVD. Zajęłoby to zbyt wiele miejsca, nie ucząc nas niczego nowego. Podam Wam tylko jeszcze jeden przykład: w jaki sposób zdefiniować jedną z funkcji obsługi playera poprzez symulowanie klawiatury PC. Weźmy na przykład



Rys. 10. Definiowanie nazwy polecenia związanego z odebraniem kodem.

WYKAZ ELEMENTÓW

Nadajnik

Rezystory

R1: 1,5MΩ

Kondensatory

C1: 220nF

Półprzewodniki

D1...D34: 1N4148

IC1: HT12E

Różne

Q1: nadajnik RT1

S1...S12: mikroprzełączniki

Odbiornik

Rezystory

R1: 510kΩ

R2: 1kΩ

R3: 10kΩ

Kondensatory

C1, C2: 27pF

C3...C7: 4,7μF/16V

C8: 100nF

C9: 100μF/10V

Półprzewodniki

D1: dioda LED

IC1: AT89C2051 (zaprogramowany)

IC2: HT12D

IC3: MAX232

Różne

CON1: ARK2 (3,5mm)

Q1: odbiornik radiowy RR4

Q2: rezonator kwarcowy 11,059MHz

funkcję PLAY, którą z oczywistych powodów musimy użyć bezpośrednio po uruchomieniu odtwarzacza. Kolejność postępowania jest podobna, jak w poprzednim przypadku, a różnica polega na wyborze rodzaju akcji, która ma być wykonana. Zamiast „Execute a file” wybieramy „Simulate keyboard” i po otwarciu nowego okienka naciskamy ten klawisz, który w omawianym przypadku będzie powodował rozpoczęcie odtwarzania filmu, czyli klawisz ENTER.

Dalsze klawisze definiujemy w podobny sposób, aż do wyczerpania możliwości jakie daje nam nasz odtwarzacz (lub do wykorzystania wszystkich klawiszy w pilocie).

Zbigniew Raabe

zbigniew.raabe@ep.com.pl

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