


Bezprzewodowe, stereofoniczne słuchawki z mikrofonem



Dodatkowe materiały na CD

Technologia bezprzewodowego przesyłania danych rozpowszechniła się na dobre w komputerach czy telefonach komórkowych.

Kontynuując temat związany z technologią Bluetooth opisujemy konstrukcję dwufunkcyjnego urządzenia z takim interfejsem. Może ono pracować jako stereofoniczne bezprzewodowe słuchawki lub jako zestaw głośnomówiący.

Układ został zbudowany w oparciu o multimedialny moduł Bluetooth F2M03M-LA firmy Free2move. W wykorzystanym module producent umieścił oprogramowanie, dzięki któremu w prosty sposób można zbudować pełnowartościowe słuchawki czy zestaw głośnomówiący. Moduł Bluetooth ma wszystkie układy wraz z przetwornikami, dzięki czemu nie wymaga dużo elementów zewnętrznych a zarazem oferuje znakomitą jakość dźwięku. Układ został wyposażony w opcjonalne przyciski, które w zależności od funkcji pełnionej przez układ spełniają różne funkcje. W przypadku pracy jako bezprzewodowe słuchawki, dodatkowe przyciski umożliwiają zdalną obsługę odtwarzacza, z którego jest przesyłana muzyka (może to być odtwarzacz komputerowy lub odtwarzacz w telefonie komórkowym). Przyciski umożliwiają wybór poprzedniego/kolejnego utworu, zmianę głośności czy uruchomienie lub zatrzymanie odtwarzania. W przypadku pracy układu jako zestawu głośnomówiącego (może pracować z telefonem komputerowym

AVT-5189

W ofercie AVT:
AVT-5189A – płytką drukowaną

PODSTAWOWE PARAMETRY

- napięcie zasilania + 4...6 V,
- wbudowana antena,
- zasięg do 150 metrów w otwartej przestrzeni,
- łatwa komunikacja przez Bluetooth,
- prędkość transmisji UART 38400 bodów,
- prosta konstrukcja,
- wejście mikrofonowe,
- wyjście liniowe audio,
- sterowanie za pomocą kilku przycisków,
- możliwość zasilania baterijnego,
- zawiera 16-bitowe kodeki,
- stan pracy sygnalizowany przez dwie diody LED,
- niski pobór energii,
- częstotliwość próbkowania przetwornika ADC 44,1 kHz,
- częstotliwość próbkowania przetwornika DAC 48 kHz,
- zniekształcenia THD+N: 0,015 %,
- możliwość podłączenia bezpośrednio słuchawek oraz mikrofonu.

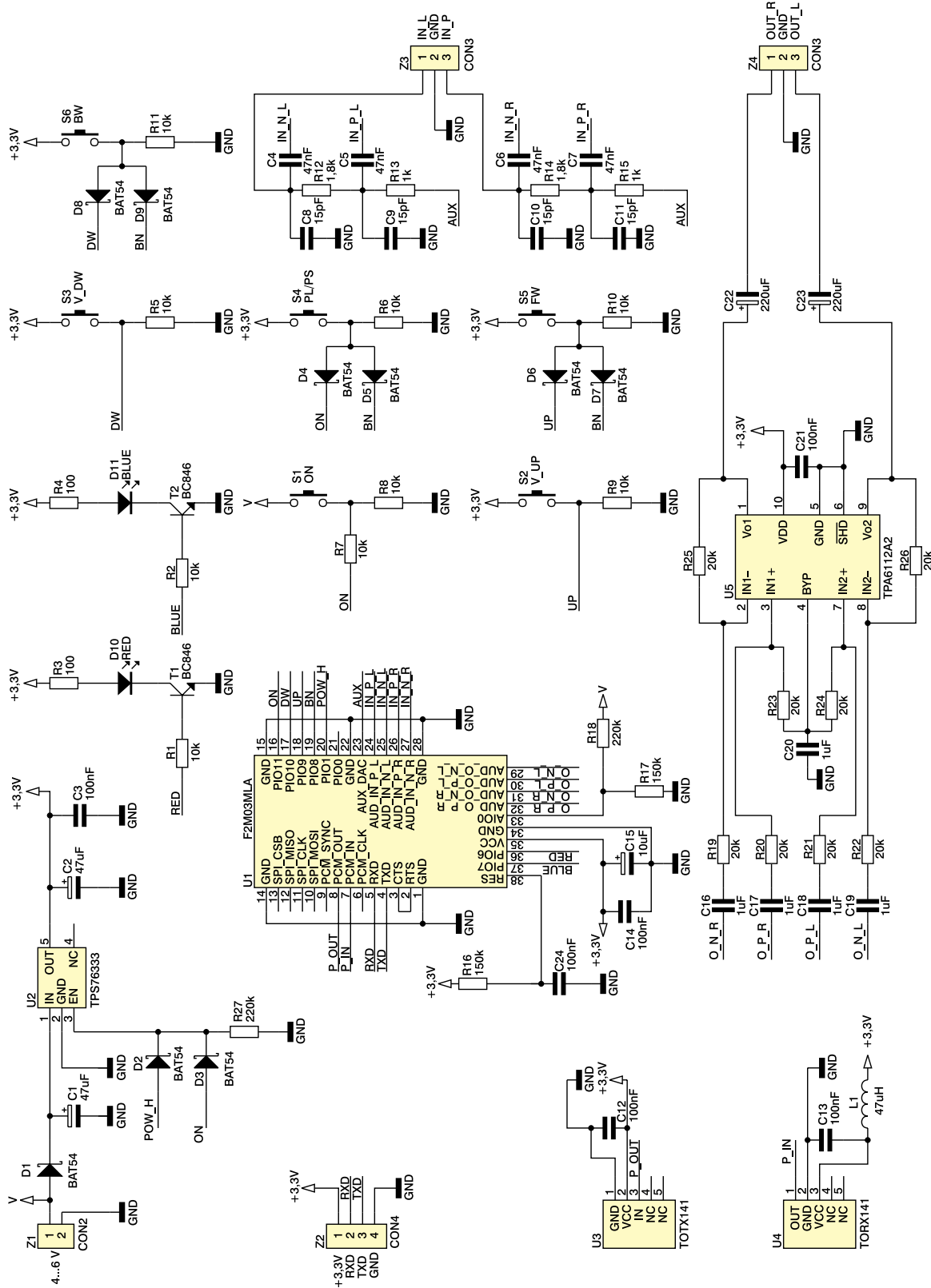
»  **PROJEKTY POKREWNE** wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Bezprzewodowe słuchawki	EdW 9/2003	AVT-2677
Słuchawki bezprzewodowe	EP 6/1993	AVT-29

lub komunikatorem np. Skype) przyciski umożliwiają ustawienie głośności, wybranie ostatniego numeru czy zakończenie połączenia. Opcjonalnie moduł można wyposażyć w optyczne układy wejścia/wyjścia cyfrowego SPDIF, dzięki którym jest możliwość przesyłania cyfrowych danych audio. Jak na razie firmware modułu F2M03MLA ma wyłączoną obsługę tego typu interfejsu. Układ ma również możliwość sterowania za pomo-

cą komend w kodach ASCII przesyłanych za pośrednictwem interfejsu RS232. Dlatego też istnieje możliwość wykorzystania układu w niestandardowych rozwiązaniach, w których układem może sterować dodatkowy mikrokontroler. Prezentowany układ można również wykorzystać jako układ przesyłający sygnały audio z komputera czy telefonu do domowego zestawu audio, gdzie odtwarzaniem utworów można sterować dodatkowy-

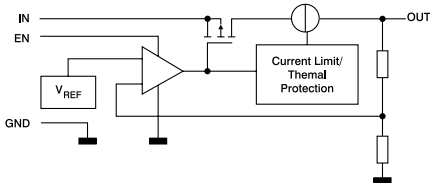
mi przyciskami. W przypadku pracy układu z komputerem, może on bez problemu zastąpić kartę dźwiękową. Oczywiście układ może być zasilany z baterii lub akumulatorów. Do zasilania układu wystarczą już trzy ogniwa o napięciu 1,5 V. Dodatkowo dla oszczędności energii, układ podczas bezczynności sam się wyłączy po czasie kilku minut, a zasięg do 150 metrów będzie wystarczający w większości aplikacji.



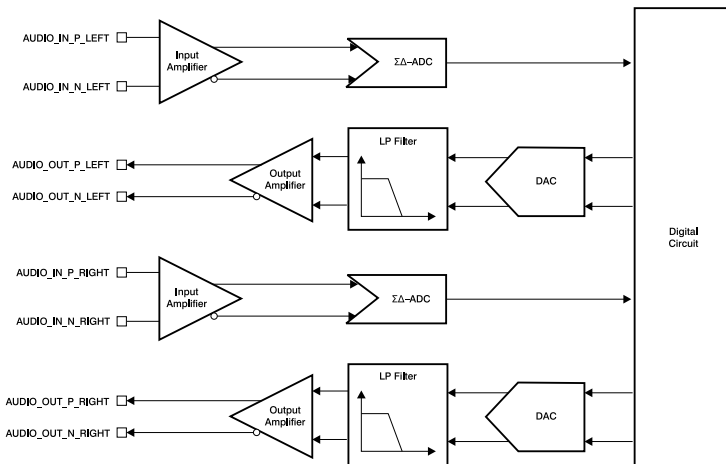
rys. 1. Schemat ideowy słuchawek bezprzewodowych

Opis działania układu

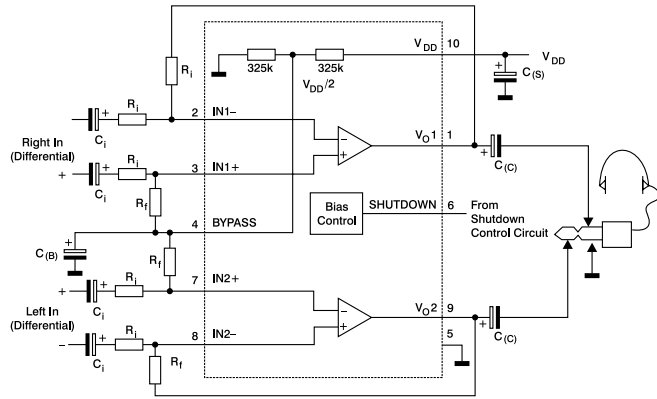
Schemat bezprzewodowych słuchawek pokazano na **rys. 1**. Wszystkimi funkcjami układu steruje moduł Bluetooth F2M03MLA. Firmware modułu umożliwia obsługę funkcji związanych ze sterowaniem funkcjami układu za pomocą uniwersalnych wejść PIOx. Funkcje przycisków S1...S6 zależne są od stanu linii BN, której stan jest wymuszany za pomocą dodatkowych diod D4...D9. Umożliwiło to podłączenie większej ilości przycisków do mniejszej liczby wymaganych dla nich wejść. Sześć dostępnych przycisków obsługiwanych jest za pomocą tylko czterech wejść. Praca słuchawek sygnalizowana jest za pomocą diod LED D10 i D11, którymi sterują tranzystory T1 i T2. Elementy R16 i C24 tworzą prosty obwód zerowania modułu Bluetooth. Elementy układu zasilane są stabilizowanym przez U2 napięciem +3,3 V. Na **rys. 2** pokazano schemat blokowy stabilizatora. Producent wyposażył go w komparator ze źródłem napięcia odniesienia oraz zabezpieczeniem nadprądowym oraz termicznym. Dodatkowo wejście zezwolenia pracy EN stabilizatora umożliwiło realizację funkcji związanych z oszczędzaniem energii co ma duże znaczenie podczas zasilania bateryjnego. Moduł Bluetooth, jeśli nie jest wykorzystywany, może sam wyłączyć swoje zasilanie. Wyzwolenie działania układu umożliwia przycisk S1, który został dołączony do źródła zasilania przed stabilizatorem. Jego naciśnięcie powoduje pojawienie się stanu wysokiego na wejściu ON modułu U1 oraz poprzez diodę D3 załączany jest stabilizator U2. Po uruchomieniu się modułu U1, linia POW_H zmienia swój stan na wysoki i poprzez diodę D2 podtrzymywane jest włączenie stabilizatora. Aby wyłączyć zasilanie układu, wystarczy że moduł U1 zmieni stan linii POW_H na niski. Rezystor R27 ściąga



Rys. 2. Schemat blokowy TPS76333



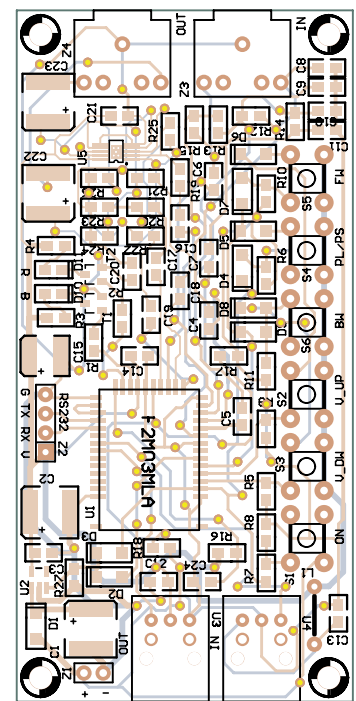
Rys. 3. Obwody wejścia/wyjścia modułu Bluetooth



Rys. 4.

wejście uruchomienia stabilizatora do masy. Dioda D1 zabezpiecza układ przed odwrotnym podłączeniem napięcia zasilającego. Dodatkowo moduł Bluetooth ma możliwość monitorowania napięcia dołączonego do układu baterii, co może być wykorzystane do sygnalizacji ich rozładowania. Poziom baterii mierzony jest przez przetwornik ADC, którego wejściem jest linia AIO0 modułu U1. Mierzony poziom napięcia z baterii dodatkowo dopasowywany jest z wykorzystaniem prostego dzielnika zbudowanego z elementów R17 i R18. Pomiar poziomu napięcia baterii nie jest wykorzystywany w bezprzewodowych słuchawkach, ale jest możliwość jego włączenia. Moduł Bluetooth posiada stereofoniczne wejścia oraz wyjścia liniowe, do których zostały dołączone przetworniki wraz ze wzmacniaczami i filtrami zgodnie z **rys. 3**. Elementy C4...C11 oraz R12...R15 tworzą obwody kanałów wejściowych dla dołączonego/nych mikrofonów, których wejściem jest gniazdo Z3. Do układu może być dołączony najprostszy mikrofon elektretowy. Napięcie odniesienia dla obwodu wejściowego pobierane jest z linii AUX, na której występuje napięcie równe 1,8 V. Liniowe wyjścia (różnicowe) modułu Bluetooth zostały dołączone poprzez elementy C16...C19 i R19...R22 do prostego wzmacniacza słuchawkowego U5, którego schemat blokowy pokazano na **rys. 4**. Wzmacniacz prócz roli wzmocnienia został wykorzystany również do zamiany wyjść symetrycznych modułu Bluetooth na niesymetryczne.

Wyjścia wzmacniacza poprzez kondensatory C22 i C23 zostały dołączone do gniazda wyjściowego Z4. Do gniazda Z4 można dołączyć słuchawki lub wzmacniacz mocy. Elementy C20, C21 i R23...R26 są wymagane do poprawnej pracy wzmacniacza U5. Moduł Bluetooth oprócz linii wejścia i wyjścia analogowych, posiada linie wejścia/wyjścia cyfrowego audio zgodnego z SPDIF. W układzie można zamontować opcjonalne nadajnik/odbiorcę optyczny SPDIF (układy U3, U4), które zostały pokazane na schemacie, ale jak na razie firmware modułu Bluetooth ma wyłączoną tego typu transmisję. Kondensatory C12 i C13 służą do filtrowania napięcia zasilającego transmistery U3 i U4. Napięcie zasilające odbiorcę optyczny U4 dodatkowo filtrowane jest z wykorzystaniem dławika L1. Modułem Bluetooth można również sterować z wykorzystaniem interfejsu UART. Linie TXD i RXD interfejsu UART wraz z liniami zasilającymi zostały wyprowadzone na gniazdo Z2 układu. Za jego pomocą można sterować i konfigurować układ bez wykorzystywania przycisków S2...S5. Na przykład słuchawki mogą być sterowane innym układem



Rys. 5. Schemat montażowy



WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R2, R5...R11: 10 kΩ SMD 0805
- R3, R4: 100 Ω SMD 0805
- R12, R14: 1,8 kΩ SMD 0805
- R13, R15: 1 kΩ SMD 0805
- R16, R17*: 150 kΩ SMD 0805
- R18*, R27: 220 kΩ SMD 0805
- R19...R26: 20 kΩ SMD 0805

Kondensatory

- C1, C2: 47 μF/16 V SMD
- C3, C12*, C13*, C14, C21, C24: 100 nF SMD 0805
- C4...C7: 47 nF SMD 0805
- C8...C11: 15 pF SMD 0805
- C15: 10 μF/16 V SMD
- C16...C20: 1 μF SMD 0805
- C22, C23: 220 μF SMD

Półprzewodniki

- U1: F2M03MLA
- U2: TPS76333 SMD
- U3*: TOTX141
- U4*: TORX141
- U5: TPA6112A2 SMD
- D1...D9: BAT54 SMD
- D10: LED SMD RED
- D11: LED SMD BLUE
- T1, T2: Tranzystor BC846 SMD

Inne

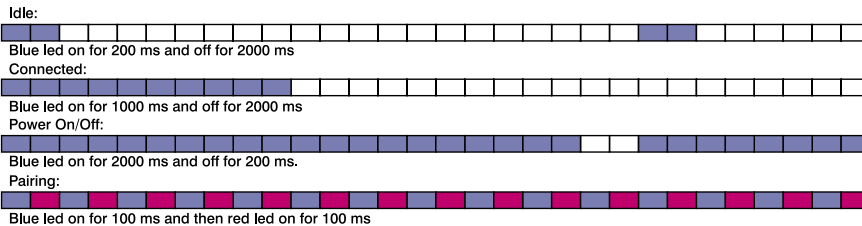
- L1: Dławik 47 μH
- S1...S6: Przycisk typu microswitch
- Z1: Goldpin 1×2
- Z2: Goldpin 1×4
- Z3, Z4: Gniazdo Jack stereo 3,5 mm

*) Elementy montowane opcjonalnie

wyposażonym w interfejs UART. Kondensatory C1...C3, C14 i C15 odpowiedzialne są za prawidłową filtrację napięć zasilających układ. Budowa słuchawek nie jest skomplikowana ze względu na to, że całym sterowaniem zajmuje się moduł Bluetooth.

Montaż i uruchomienie

Moduł słuchawek należy zmontować na dwustronnej płytce drukowanej pokazanej na rys. 5. Montaż elementów na płytce nie jest trudny choć w większości będą to elementy do montażu powierzchniowego SMD. Do tego celu wystarczy lutownica z cienkim grotem i cyna o średnicy 0,25 mm. Najtrudniejszym do wlotowania elementem może być moduł Bluetooth ze względu na jego specyficzne położenie końcówek. Można sobie z tym w prosty sposób poradzić wcześniej nakładając na jego pola lutownicze cynę. Opcjonalnych elementów związanych z interfejsem SPDIF czyli U3, U4, C12, C13 i L1 można nie montować, gdyż jak na razie dostępne firmware ma wyłączoną funkcję ich obsługi. Można również nie montować elementów R17 i R18



Rys. 6. Sposób sygnalizacji stanu za pomocą LED

odpowiedzialnych za monitorowanie napięcia zasilającego układ, gdyż domyślnie jest ono również wyłączone. Do zasilenia układu można wykorzystać źródło o napięciu od 4 do 6 V. Do zasilania układu można również wykorzystać baterie lub akumulatorki, których napięcie nie powinno być niższe od 4 V. Mogą to być 3 ogniwa o napięciu 1,5 V. Do gniazda wejściowego audio Z3 można wprost dołączyć jeden lub dwa mikrofony elektretowe, natomiast do gniazda wyjściowego Z4 można dołączyć słuchawki lub wzmacniacz mocy. Po poprawnym zmontowaniu układu należy go uruchomić parując go z urządzeniem wyposażonym w interfejs Bluetooth (komputer lub telefon), z którego będą transmitowane sygnały audio.

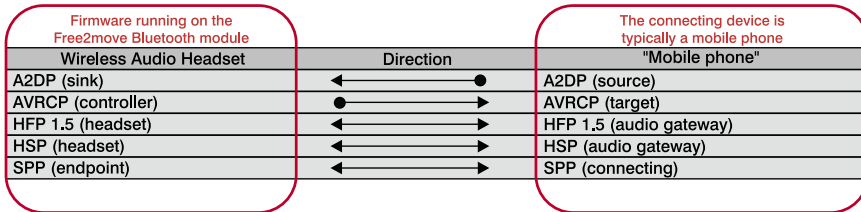
Obsługa

W pierwszej kolejności zostanie wyjaśnione działanie funkcji sygnalizacyjnych diod LED oraz przycisków funkcyjnych. W dalszej części artykułu zostanie pokazany sposób nawiązania komunikacji ze słuchawkami wraz z ich sposobem użytkowania. Do sygnalizacji działania słuchawek służą dwie diody w kolorach czerwonym oraz niebieskim. Na rys. 6 pokazano stany słuchawek sygnalizowane przez diody LED. Stan *Idle* (obniżonego poboru energii) sygnalizowany jest miganiem niebieskiej diody (czas zapalenia 200 ms czas, zgaszenia 2000 ms). Stan połączenia słuchawek z innym układem Bluetooth sygnalizowany jest również miganiem niebieskiej diody LED ale czas zapalenia wynosi 1000 ms a czas zgaszenia 2000 ms. Włączenie słuchawek sygnalizowane jest także miganiem niebieskiej diody LED, ale czas zapalenia wynosi 2000 ms a zgaszenia 200 ms. Ostatnim trybem pracy układu wskazywanym przez diody LED jest tryb parowania, w którym naprzemiennie migają diody (czerwona i niebieska) z okresem co 100 ms. Do obsługi słuchawek służy 6 przycisków, których funkcje zależą od tego czy układ pracuje jako stereofoniczne słuchawki czy jako słuchawka lub zestaw głośnomówiący do telefonu. W tab. 1 pokazano

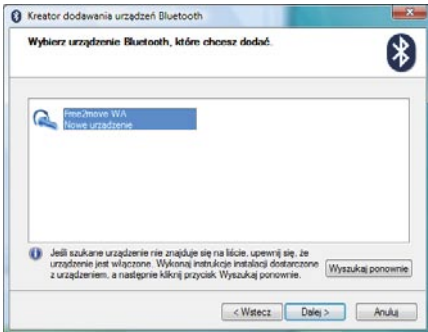
podstawowe funkcje przycisków układu. W przypadku stereofonicznych słuchawek przycisk S1 służy do włączania/wyłączania układu oraz do wywołania trybu parowania, w którym układ jest parowany z innym urządzeniem Bluetooth co umożliwia automatyczne nawiązanie połączenia. Aby włączyć układ należy nacisnąć przycisk S1 na 2 sekundy, natychmiast aby wyłączyć nacisnąć na czas dłuższy niż 5 sekund. Układ automatycznie wyłącza się dla oszczędności energii podczas bezczynności dłuższej niż 2 minuty. Przyciśnięcie przycisku S1 gdy układ jest wyczoony na dłużej niż 5 sekund wprowadza układ w tryb parowania, w którym będzie przebywał 5 minut, jeśli wcześniej nie zostanie sparowany. Przyciski S2 i S3 służą odpowiednio do zwiększania i zmniejszania głośności. Przycisk S4 umożliwia obsługę funkcji *Start* oraz *Pause* odtwarzanej muzyki. Przyciśnięcie tego przycisku na dłużej niż 2 sekundy wywołuje funkcje *Stop* odtwarzanej muzyki lub połączenie układu z profilem A2DP (jeśli wcześniej nie było połączenia), który odpowiedzialny jest za przesyłanie strumienia danych audio. Przyciski S5 i S6 służą odpowiednio do zmiany odtwarzanego utworu w przód lub w tył. Ich przyciśnięcie na dłużej niż 800 ms powoduje przewijanie odtwarzanego utworu odpowiednio w przód lub w tył. W przypadku pracy układu jako zestaw głośnomówiący funkcje przycisków S4...S6 są nieaktywne. Przyciski S2 i S3 dalej służą do regulacji głośności, a przycisk S1 do włączania/wyłączania układu. Jedyne różnice będą w działaniu przycisku S1, który dodatkowo będzie umożliwiał sterowanie połączeniami telefonicznymi. Przyciskiem S1 można odebrać nadchodzące połączenie, można zakończyć odebrane połączenie oraz wybrać ostatni wybierany przez telefon numer. Jego przyciśnięcie na czas dłuższy niż 2 sekundy podczas nadchodzącego połączenia powoduje jego odrzucenie, a przyciśnięcie go podczas trwania rozmowy spowoduje przeniesienie jej do telefonu. Domyślne parametry układu wraz ze skasowaniem listy sparowanych urządzeń Bluetooth można przywrócić naciskając jednocześnie przyciski zmiany poziomu głośności S2 i S3. Każdy z układów Bluetooth obsługuje różne profile, które związane są ze sposobem komunikacji z Bluetooth. Moduł zastosowany w słuchawkach ma kilka profili, które pokazano na rys. 7 wraz z kierunkami transmisji. Profile HFP i HSP są profilami bram dla słuchawki do telefonu,

Tab. 2. Funkcje przycisków

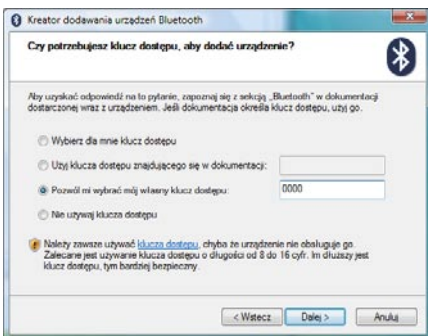
Przycisk	Bezprzewodowe słuchawki	Zestaw głośnomówiący
S1	ON/OFF/Parowanie	ON/OFF/Parowanie/Obsługa połączeń
S2	Zwiększenie głośności	Zwiększenie głośności
S3	Zmniejszenie głośności	Zmniejszenie głośności
S4	PLAY/PAUSE/STOP	Brak
S5	Skok do kolejnego utworu/Przewijanie w przód	Brak
S6	Skok do poprzedniego utworu/Przewijanie w tył	Brak



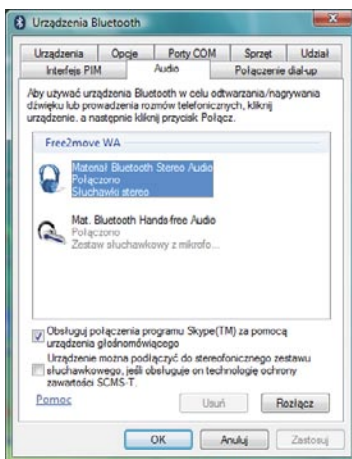
Rys. 7. Profile modułu Bluetooth



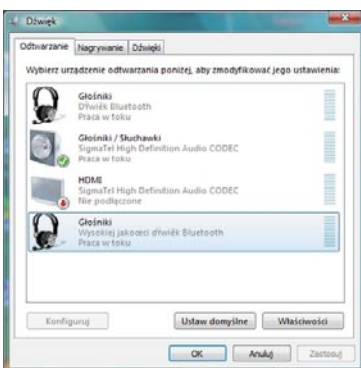
Rys. 8.



Rys. 9.

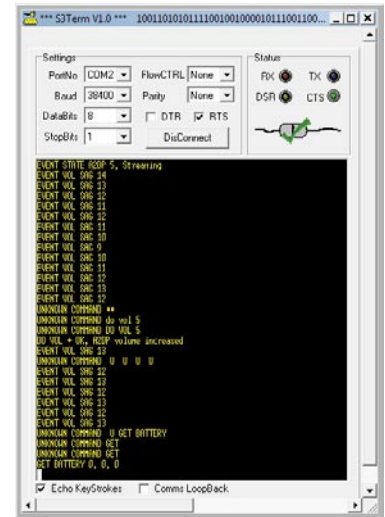


Rys. 10.



Rys. 11.

które związane są z nawiązaniem połączenia. Profil A2DP związany jest z otrzymywaniem wysokiej jakości danych audio od zdalnego urządzenia. Profil AVRCP związany jest z obsługą przycisków sterujących odtwarzanymi strumieniami danych audio i służy do kontrolowania strumienia audio A2DP. Ostatni z dostępnych profili SPP to profil portu szeregowego UART umożliwiającego sterowanie parametrami modułu Bluetooth. Sposób użycia układu słuchawek zostanie pokazany na przykładzie połączenia z komputerem z zastosowaniem modułu Bluetooth i oprogramowania *Widcomm*. W pierwszej kolejności należy wyszukać układ słuchawek. Odnalezione słuchawki domyślnie nazywają się *Free2move WA*. Aby słuchawki automatycznie nawiązywały połączenie z innym urządzeniem należy je sparować. Wymagany jest kod PIN. Domyślny PIN dla układu to 0000. Aby układ słuchawek wprowadzić w tryb parowania, należy nacisnąć podczas ich włączania przycisk S1 na dłużej niż 5 sekund. Na rys. 9 pokazano parowanie słuchawek wraz z podanym kodem PIN. Na rys. 10 pokazano zainstalowane profile związane z układem słuchawek. Dostępne są profile urządzeń zestawu słuchawkowego oraz słuchawek stereofonicznych. Jak widać, dodatkowo można za pomocą słuchawek włączyć obsługę programu *Skype*. W systemie zainstalowane profile będą widoczne jako urządzenie karty dźwiękowej (rys. 11). Aby odtwarzane sygnały audio były wysyłane do słuchawek, w programach odtwarzających dane audio należy jako urządzenie odtwarzające wybrać zainstalowane słuchawki. Układ słuchawek został również wyposażony w interfejs RS232, dzięki któremu można sterować działaniem słuchawek jak i programować parametry modułu Bluetooth z wykorzystaniem innych urządzeń wyposażonych w interfejs RS232. Dostępnych do tego celu jest ponad 50 prostych komend. Komendy zostały dokładnie opisane w dokumentacji modułu Bluetooth. Za ich pomocą można np. uruchomić monitorowanie napięcia baterii, które jest mierzone z wykorzystaniem linii AIO0. Domyślne parametry komunikacji za pomocą interfejsu RS232 są następujące: prędkość 38400 bodów, 8 bitów danych, 1 bit stopu i brak bitu parzystości. Każdą z wysyłanych komend należy potwierdzić znakiem *ENTER*. Na przykład aby zwiększyć głośność układu o jedną jednostkę wystarczy wysłać komendę *DO VOL +*. Na rys. 12 pokazano



Rys. 12.

przykład danych otrzymanych i wysłanych komend do układu słuchawek przez interfejs RS232.

Podsumowanie

Słuchawki zostały przetestowane w działaniu zarówno z komputerem, gdzie zastępowały kartę dźwiękową oraz z telefonem komórkowym, z którym pracowały zarówno jako stereofoniczne słuchawki jak i zestaw głośnomówiący. Przyciski sterujące słuchawkami działały zarówno z odtwarzaczem muzyki w telefonie komórkowym jak i komputerowym odtwarzaczem *Windows Media Player*. Działanie przycisków będzie zależne od tego czy program odtwarzający muzykę obsługuje profil obsługi przycisków. Jak pokazano, układ słuchawek może znaleźć wszechstronne zastosowanie zarówno w domu jak i w samochodzie jako zestaw głośnomówiący. Po dołączeniu słuchawek do domowego zestawu audio można do niego wysłać dźwięk nie tylko z komputera ale i z telefonu komórkowego. Dodatkowy interfejs RS232 umożliwi sterowanie słuchawkami za pomocą innych urządzeń wyposażonych w tego typu interfejs czy wymianę oprogramowania modułu Bluetooth. Wtedy słuchawki mogą być modułem bardziej skomplikowanego urządzenia.

Marcin Wiązania, EP
marcin.wiazania@ep.com.pl

