

Bezprzewodowy link audio

Interfejs Bluetooth do wzmacniacza

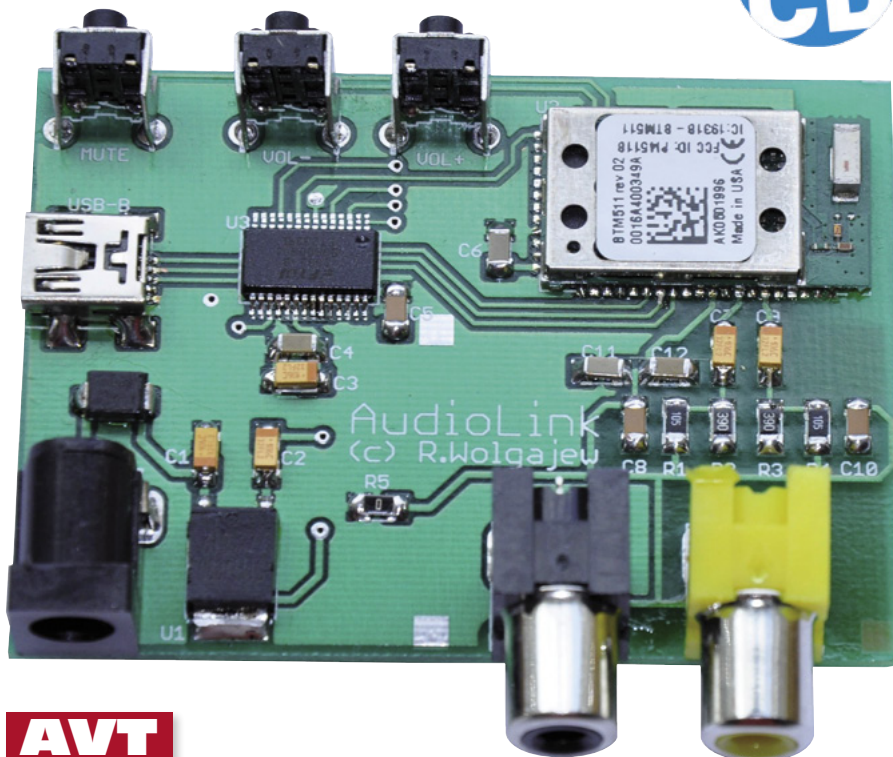


Współcześnie nikogo nie dziwi już fakt, że coraz rzadziej sięgamy do płyt audio CD, zaś nagranie muzyczne coraz częściej jest kojarzone z plikami w formatach mp3, vmp3 itp. Jest to wynikiem zmiany zwyczajów oraz postępu technologicznego.

Po co bowiem kupować całą płytę, jeśli podoba się nam z niej tylko jeden utwór, a w handlu są dostępne urządzenia, dzięki którym będziemy mieli możliwość posłuchania go w dowolnym miejscu i czasie? Trudno jednak porównać jakość dźwięku uzyskiwanego z miniaturowych słuchawek zasilanych przez miniaturowy wzmacniacz z tym, który możemy otrzymać za pomocą profesjonalnego zestawu audio z kolumnami głośnikowymi. Jednak w jaki sposób łatwo połączyć go z naszą ulubioną „empetrójką”? Odpowiedzią na to pytanie jest prezentowany projekt urządzenia.

Rekomendacje: urządzenie przyda się każdemu, kto chce posłuchać muzyki z ulubionego, przenośnego odtwarzacza MP3 za pomocą domowego zestawu audio.

Coraz częściej zasiadamy przed ekranem komputera, aby obejrzeć ulubiony teledysk czy wysłuchać przygotowanej wcześniej listy nagrań. Niestety, pomimo faktu, iż „dobrze” skompresowany plik muzyczny zapewnia przyzwoitą jakość odsłuchu, to jednak jakość dźwięku uzyskiwanego z większości zestawów głośnikowych dołączonych do komputera PC pozostawia wiele do życzenia. Jeszcze gorzej jest w wypadku głośników w budowanych w komputery przenośne, jak notebooki, netbooki, tablety itp. Ze swojego własnego doświadczenia wiem, że dość często zdarza mi się słuchać nagrań mp3 czy oglądać najnowsze teledyski za pomocą laptopa, na którym jednocześnie pracuję. W jaki



**AVT
5324**

sposób poprawić komfort używania tego typu urządzeń w celu odtwarzania plików muzycznych? Oczywiście, dołączyć go do dobrego zestawu muzycznego.

W tym celu można byłoby użyć dobrej jakości kabla, ale po pierwsze, byłoby to rozwiązanie niewygodne i mało nowoczesne, a po drugie, karty muzyczne wbudowane w tego typu urządzenia nie zawsze mają dobre parametry. Dlatego postanowiłem zbudować urządzenie autonomiczne, nowoczesne, uniwersalne i łatwe w obsłudze. Mowa o linku audio z wykorzystaniem technologii Bluetooth. Urządzenie to zwyczajnie dołączamy do wejścia stereofonicznego dowolnego zestawu audio, następnie wyszukujemy je w otoczeniu interfejsu Bluetooth naszego laptopa (a nawet telefonu komórkowego, którego interfejs Bluetooth obsługuje profil A2DP), a na koniec przełączamy transmisję sygnałów audio do naszego modułu Bluetooth (np. w programowym odtwarzaczu komputerowym). Łatwo, nowoczesnie i elastycznie. Prawda? Oczywiście warunkiem tej prostoty jest wyposażenie źródła dźwięku w interfejs Bluetooth obsługującego profil A2DP.

Zaprojektowanie urządzenia należy rozpocząć od doboru kluczowego podzespołu

AVT-5324 w ofercie AVT:
AVT-5324A – płytka drukowana
AVT-5324B – płytka drukowana + elementy

Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: min. 5...9 V_{DC}.
- Maksymalny pobór prądu: 35 mA.
- Cyfrowa, bezprzewodowa transmisja dźwięku z użyciem profilu Bluetooth ADP.
- Możliwość współpracy z komputerem PC, telefonem komórkowym, odtwarzaczem MP3/MP4 i innymi.
- Moduł BTM511.
- Konfigurowanie za pomocą komend AT.

Dodatkowe materiały na CD/FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 15031, pass: 40nep417

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD/FTP:
(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

- AVT-5227 Bezprzewodowy stereofoniczny link audio (EP 3/2010)
- AVT-5213 Prosty interkom radiowy (EP 12/2009)

tj. właściwego modułu Bluetooth. Musi on charakteryzować się dobrymi parametrami toru audio, nie bez znaczenia jest przy tym dostępność w handlu umiarkowana cena. Dobrze by było, aby taki moduł po wstępnym skonfigurowaniu mógł pracować samodzielnie bez konieczności stosowania dodatkowego mikrokontrolera. Po krótkich

poszukiwaniach wybór stał się prosty: moduł BTM511.

Skrócony opis modułu BTM511

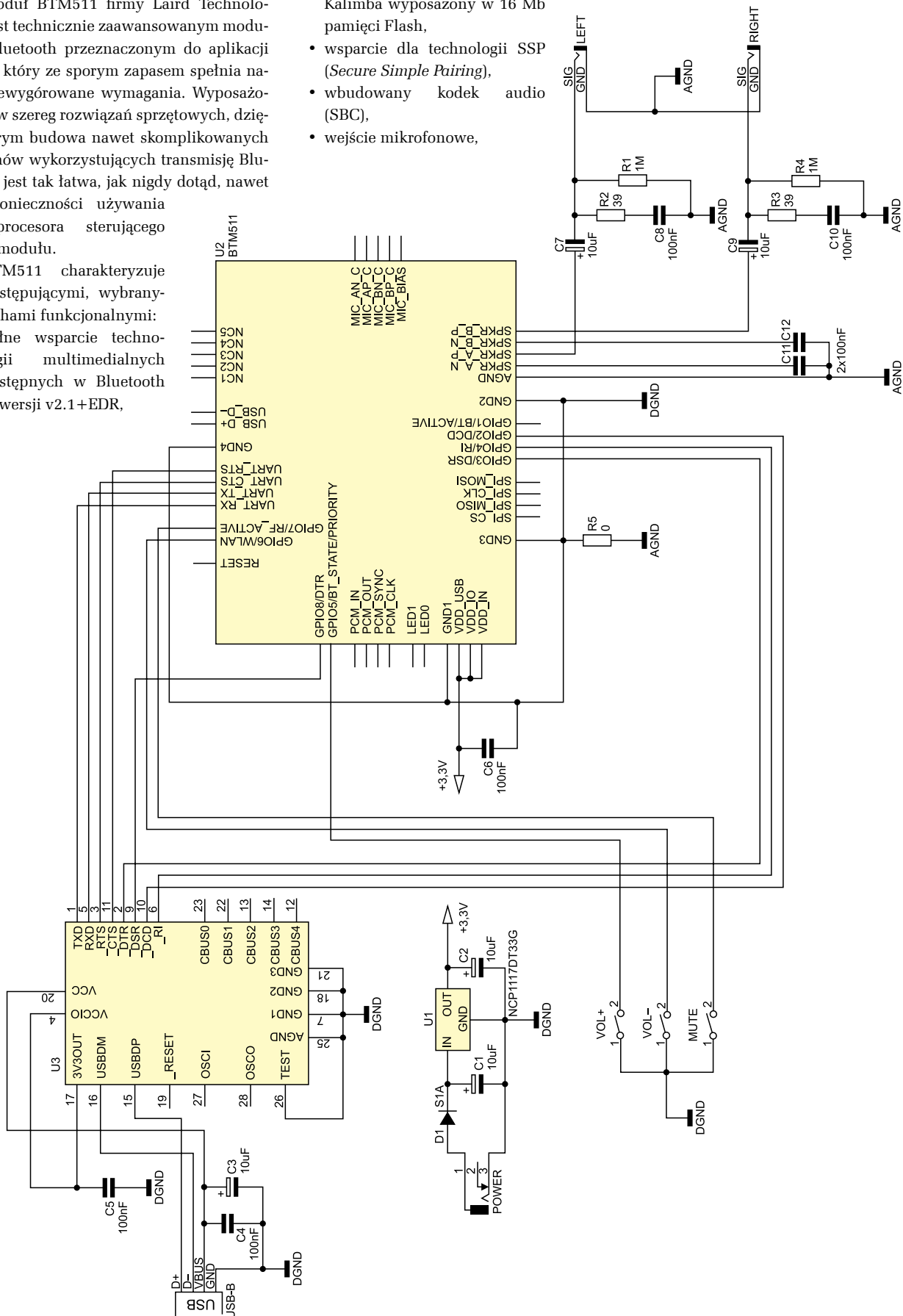
Moduł BTM511 firmy Laird Technology jest technicznie zaawansowanym modułem Bluetooth przeznaczonym do aplikacji audio, który ze sporym zapasem spełnia nasze niewygórowane wymagania. Wyposażono go w szereg rozwiązań sprzętowych, dzięki którym budowa nawet skomplikowanych systemów wykorzystujących transmisję Bluetooth jest tak łatwa, jak nigdy dotąd, nawet bez konieczności używania mikroprocesora sterującego pracą modułu.

BTM511 charakteryzuje się następującymi, wybranymi cechami funkcjonalnymi:

- pełne wsparcie technologii multimedialnych dostępnych w Bluetooth w wersji v2.1+EDR,

- wsparcie dla aplikacji zestawów głośnomówiących/słuchawkowych w wersji monofonicznej i stereofonicznej,
- wbudowany 32-bitowy procesor DSP Kalimba wyposażony w 16 Mb pamięci Flash,
- wsparcie dla technologii SSP (Secure Simple Pairing),
- wbudowany kodek audio (SBC),
- wejście mikrofonowe,

- wbudowany, stereofoniczny wzmacniacz wyjściowy małej mocy (S/N= -95dB),
- obsługa profili Bluetooth: SPP (Serial Port Profile), A2DP (Advanced Audio Di-



Rysunek 1. Schemat ideowy układu audioLink

- *stribution Profile*), AVRCP (*Audio/Video Remote Control Profile*), HSP (*Headset Profile*), HFP (*Hands-Free Profile*), DUN (*Dial-Up Network Profile*),
- zoptymalizowany zestaw komend AT przeznaczonych do sterowania i konfiguracji modułu,

- 8 linii I/O ogólnego przeznaczenia,
- 2 linie I/O do sterowania pracą diod LED,
- wbudowany interfejs I²S (*Stereo Audio Digital Interface Bus*).

Moduł BTM511, podobnie jak inne moduły tego typu, może być obsługiwany za pomocą komend AT. Każda komenda wysy-

łana do modułu za pośrednictwem interfejsu UART musi zaczynać się przedrostkiem AT, a kończyć znacznikiem <CR> (*Carriage Return*, szesnastkowo 0x0D). Każda odpowiedź na przesłaną komendę lub parametry (jeśli jest oczekiwana) ma następującą składnię: <CR><LF><Odpowiedź><CR><LF>.

Wybrane komendy AT modułu BTM511

Składnia komendy	Opis
ATZ	Restart modułu Bluetooth
Odpowiedź modułu	OK
Komendy tej używamy w celu wykonania restartu modułu Bluetooth, po którym następuje ponowny rozruch systemu z zastosowaniem ustawień zapisanych w nieulotnej pamięci flash urządzenia (rejestrach konfiguracyjnych modułu). Wszystkie aktywne połączenia Bluetooth zostaną w takim przypadku przerwane a moduł uruchomi się w trybie gotowości na przyjęcie nowych komend sterujących.	

Składnia komendy	Opis
ATF*	Wyczyszczenie nieulotnej pamięci ustawień
Odpowiedź modułu	OK lub ERROR nn (w przypadku wystąpienia błędu, gdzie „nn” to kod błędu)
Komendy tej używamy w celu przywrócenia wszystkim rejestrów sterującym modułu BTM511 ich wartości domyślnych. Tym samym, wszystkie ustawienia użytkownika zostają bezwzględnie wykasowane (łącznie z listą zaufanych urządzeń Bluetooth, z którymi wcześniej nawiązano połączenie).	

Składnia komendy	Opis
AT&W	Zapis ustawień użytkownika do nieulotnej pamięci flash
Odpowiedź modułu	OK lub ERROR nn (w przypadku wystąpienia błędu, gdzie „nn” to kod błędu)
Komendy tej używamy w celu zapisania wszystkich ustawień użytkownika (wartości rejestrów sterujących) w nieulotnej pamięci flash modułu. Ustawienia te zostaną zastosowane po restarcie modułu lub po ponownym włączeniu zasilania.	

Składnia komendy	Opis
AT+BTP	Aktywuje modem Bluetooth i czyni go widzialnym dla innych urządzeń
Odpowiedź modułu	OK
Komendy tej używamy w celu aktywacji modułu Bluetooth czyniąc go widzialnym dla innych urządzeń tego typu i umożliwiając nawiązywanie połączeń. Ustawienie to jest ważne do czasu następnego włączenia zasilania (lub restartu sprzętu). Aby ustawienie takie było ustawieniem domyślnym modułu BTM511 należy zmienić zawartość rejestru konfiguracyjnego S512.	

Składnia komendy	Opis
AT+BTN=<nazwa>	Definiuje nazwę urządzenia Bluetooth
Odpowiedź modułu	OK
Komendy tej używamy w celu nadania naszemu modułowi Bluetooth „przyjaznej” nazwy użytkownika tzn. identyfikatora widzianego przez inne urządzenia interfejsu. Ustawienie to zostanie zastosowane po ponownym włączeniu zasilania. Domyślna nazwa modułu BTM511 to „Laird BTM 789012” (cyfry w nazwie modułu reprezentują 6 ostatnich cyfr adresu modułu Bluetooth). Opcjonalnie, można użyć zapisu do rejestru konfiguracyjnego S593, przy czym w kolejnym kroku wykonać należy komendę AT&W inicjująca zapis wartości użytkownika w nieulotnej pamięci modułu.	

Składnia komendy	Opis
AT+BTK=<PIN>	Ustawia kod PIN urządzenia Bluetooth
Odpowiedź modułu	OK
Komendy tej używamy w celu ustawienia kodu PIN dla naszego modułu Bluetooth używanego w procesie parowania (łączenia) urządzeń tej klasy (specyfikacja Bluetooth 2.0 lub wcześniejsza) wykorzystującego mechanizm „Legacy Pairing”. Kod ten zostanie zapisany w nieulotnej pamięci modułu. Konstrukcji tej używamy także wtedy, gdy urządzenie próbujące nawiązać połączenie z naszym modułem Bluetooth wysłało zapytanie o tenże kod w postaci „PIN? 012345678901”, gdzie „012345678901” jest adresem urządzenia nawiązującego połączenie. W tym przypadku wysłanie komendy AT+BTK=<PIN> nie spowoduje jednoczesnego zapisania kodu PIN w nieulotnej pamięci urządzenia.	

Składnia komendy	Opis
ATSn=m	Zapis do rejestru konfiguracyjnego
Odpowiedź modułu	OK
Wykonanie tej komendy inicjuje zapis do rejestru konfiguracyjnego o numerze „n” wartości „m”. Wartość „m” może być podana w zapisie dziesiętnym lub heksadecymalnym (wtedy poprzedzona jest znakiem „\$” np. \$1234). Wartości zapisywane do rejestrów konfiguracyjnych mają charakter ulotny chyba, że w kolejnym kroku zostanie wykonana komenda AT&W inicjująca zapis wartości użytkownika w nieulotnej pamięci modułu (nie dotyczy rejestrów S520...S525 i S1000...S1010).	

Składnia komendy	Opis
ATS15=<klasa urządzenia>	Definiuje klasę urządzenia Bluetooth wg. specyfikacji tegoż interfejsu
Odpowiedź modułu	OK
Wykonanie tej komendy inicjuje zapis do rejestru konfiguracyjnego S515, który definiuje klasę urządzenia Bluetooth. W następnym kroku zaleca się wykonanie komendy sterującej AT&W w celu zapisania wprowadzonych ustawień w nieulotnej pamięci flash modułu. Ustawienia te zostaną zastosowane po restarcie modułu lub po ponownym włączeniu zasilania. Klasa urządzenia Bluetooth jest 24-bitową wartością zapisaną heksadecymalnie (w istocie podzieloną na 4 części/pola określające poszczególne parametry) i zdefiniowaną specyfikacją tegoż interfejsu. Klasa urządzenia Bluetooth jest ściśle powiązana z rodzajem obsługiwanego profilu Bluetooth. Wartość domyślna 0x001F00 nie klasyfikuje w żaden sposób modułu BTM511 w związku z czym powinna być zmieniona w zależności od potrzeb konkretnej aplikacji.	

Lista dostępnych klas urządzenia Bluetooth dla profilu A2DP

Klasa urządzenia	Tryb pracy	Rodzaj urządzenia	Typ urządzenia	Tryb pracy dla profilu A2DP
0x040400	Rendering	Audio/Video	Nieokreślony	Odbiornik danych
0x040414	Rendering	Audio/Video	Głośniki	Odbiornik danych
0x040418	Rendering	Audio/Video	Zestaw słuchawkowy	Odbiornik danych
0x04041C	Rendering	Audio/Video	Przenośny sprzęt audio	Odbiornik danych
0x040420	Rendering	Audio/Video	Car audio	Odbiornik danych
0x080400	Capturing	Audio/Video	Nieokreślony	Nadajnik (źródło)
0x080410	Capturing	Audio/Video	Mikrofon	Nadajnik (źródło)
0x080428	Capturing	Audio/Video	Urządzenie audio HiFi	Nadajnik (źródło)

Składnia komendy	Opis
ATS102=<profil urządzenia>	Aktywuje poszczególne profile urządzenia Bluetooth
Odpowiedź modułu	OK
Wykonanie tej komendy aktywuje wybrane profile modułu BTM511, przy czym lista dostępnych ustawień zależna jest od konkretnego wariantu wykonania modułu Bluetooth. Ustawienie poszczególnych bitów wartości „profil urządzenia” aktywuje następujące profile Bluetooth: Bit 0: SSP (Serial Port Profile) Bit 1: HSP (Headset Profile) Bit 2: DUN (Dial-Up Network Profile) Bit 3: HSG (Headset Gateway) Bit 4: HFP (Hands-Free Profile) Bit 5: OBEX FTP (Bluetooth File Transfer) Bit 6: HFG (Handsfree Gateway) Bit 7: A2DP (Advanced Audio Distribution Profile) Bit 8: AVRCP (Audio/Video Remote Control Profile) Bit 9: PBAP (Bluetooth Phone Book Access Profile) Bit 10: HID (Human Interface Device)	

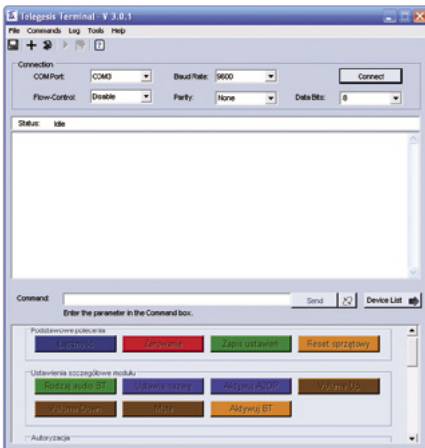
Tabela 1. Lista prefiksów komend AT dla poszczególnych profili Bluetooth

Nazwa profilu Bluetooth	Skrót	Prefix komendy AT
Serial Port Profile	SPP	AT+SP...
Advanced Audio Distribution Profile	A2DP	AT+AP...
Audio/Video Remote Control Profile	AVRCP	AT+AV...
Headset Profile	HSP	AT+HS...
Hands-Free Profile	HFP	AT+HF...
Dial-Up Network Profile	DUN	AT+DU...

gdzie: CR=0x0D, LF=0x0A w zapisie szesnastkowym.

Zaleca się, by przed każdym, kolejnym wysłaniem komendy sterującej odczekać na odbiór przez urządzenie nadrzędne sygnalizacji poprawnego wykonania poprzedniej komendy, które jest sygnalizowane za pomocą ciągu znaków <CR><LF>OK<CR><LF>.

Listę komend AT zoptymalizowano ze szczególnym uwzględnieniem aplikacji audio, a nazwy samych komend podzielono w odniesieniu do obsługiwanych przez nie profili Bluetooth, jak pokazano w tabeli 1.



Rysunek 2. Wygląd okna programu TeraTerm przygotowanego do pracy z modułem BTM511



Rysunek 3. Wygląd pola parametrów opcjonalnych

Tabela 2. Lista dostępnych funkcji alternatywnych dla portów I/O modułu BTM511 zależnie do wybranego profilu

Funkcja alternatywna	Profil Bluetooth
Zwiększenie głośności	A2DP, HFP
Zmniejszenie głośności	A2DP, HFP
Wyciszenie	A2DP, HFP
Odebranie połączenia	HFP
Odrzucenie lub zawieszenie połączenia	HFP
Odrzucenie połączenia	HFP
Zawieszenie połączenia	HFP

W ramce zaprezentowano wybrane komendy AT, których znajomość jest niezbędna do sterowania pracą BTM511 w opisywanej aplikacji *audioLink*. Niestety, wyczerpujący opis znacznie przekroczyłby ramy tego artykułu, ponieważ pełna dokumentacja chociażby listy obsługiwanych rozkazów sterujących zawiera aż 120 stron! Dla poprawienia czytelności opisu w specyfikacjach składni wszystkich rozkazów pominięto znaki <CR> i <LF>.

Zgodnie z tym, co napisano we wstępie, moduł Bluetooth wyposażono w 8 linii I/O do zastosowania w aplikacji użytkownika. Mogą one być typowymi wyprowadzeniami I/O lub mogą one pełnić funkcje alternatywne, charakterystyczne dla poszczególnych profili Bluetooth. Za ustawienia związane ze sposobem funkcjonowania I/O są odpowiedzialne rejestry konfiguracyjne S651...S658, odpowiednio, dla portów GPIO1...GPIO8. Możliwości konfiguracyjne w tym zakresie zależą od wersji firmware zainstalowanego w module. Można ją sprawdzić wydając polecenie *AT+333*. Niestety, producent nie zachowuje kompatybilności nastaw firmware. Zmusza to każdorazowo do sięgnięcia do odpowiednich rozdziałów dokumentacji producenta, które dotyczą tematów *GPIO – Alternative Functions*, *GPIO – Configuration Register*, *GPIO – Function Mapping Codes*. Przykładowe nastawy funkcji alternatywnych umieszczono w tabeli 2.

Co ciekawe, testy praktyczne dwóch wersji firmware, które wykonałem z użyciem laptopa Lenovo i telefonu Nokia E51 pokazały, iż dla jednej z wersji oprogramowania nie można było uruchomić żadnej z wymienionych alternatywnych funkcji GPIO (regulacja głośności i wyciszenie), choć dokumentacja producenta wskazywała na implementację tej funkcjonalności, zaś dla innej, najnowszej wersji firmware (14.1.2.0), która udostępniała wspomnianą funkcjonalność, niemożliwe było ustanowienie stabilnego połączenia A2DP z modułami Bluetooth ze stosem firmy Broadcom (w laptopie firmy Lenovo). Ze strony producenta otrzymałem jednakże zapewnienie, iż trwają

Tabela 3. Lista kolejnych kroków niezbędnych dla skonfigurowania modułu BTM511 (parametry w punktach 5...7 są zależne od wersji firmware modułu)

Lp.	Rodzaj wysyłanej komendy	Opis
1	AT&F*	Przywraca ustawienia fabryczne modułu (ustawia domyślne wartości rejestrów konfiguracyjnych)
2	ATS515=\$040414	Ustawia rodzaj urządzenia audio Bluetooth dla profilu A2DP -> Głośniki
3	AT+BTN="audioLink"	Ustawia nazwę urządzenia Bluetooth
4	ATS102=\$080	Aktywuje wyłącznie profil A2DP modułu Bluetooth
5	ATS655=\$630	Ustawia i aktywuje alternatywną funkcję portu GPIO5: Volume Up
6	ATS656=\$530	Ustawia i aktywuje alternatywną funkcję portu GPIO6: Volume Down
7	ATS657=\$4320	Ustawia i aktywuje alternatywną funkcję portu GPIO7: Mute
8	ATS512=4	Czyni modem bluetooth widzialnym dla innych urządzeń interfejsu
9	AT&W	Zapisuje wszystkie ustawienia konfiguracyjne w nieulotnej pamięci modułu
10	ATZ	Wykonuje reset sprzętowy modułu Bluetooth, podczas którego nowo zapisane wartości konfiguracyjne zostaną zastosowane

Wykaz elementów

Rezystory: (SMD1206)
R1, R4: 1 MΩ
R2, R3: 39 Ω
R5: 0 Ω

Kondensatory:
C1...C3, C7, C9: tantalowy 10 μF/20 V (typ B, EIA 3528-21)
C4...C6, C8, C10...C12: ceramiczny 100 nF (SMD1206)

Półprzewodniki:
D1: dioda prostownicza S1A (DO214AC)
U1: NCP1117DT33G (obudowa DPACK)
U2: BTM511
U3: FT232RL (SSOP28)

Inne:
VOL+, VOL-, MUTE: microswitch kątowy 90° do montażu przewlekane
POWER: gniazdo zasilające 2,5 mm typu Jack z przełącznikiem, do montażu przewlekane
LEFT, RIGHT: gniazdo typu cinch-mono, kątowe 90° do montażu przewlekane
USB-B: gniazdo mini USB-B SMD

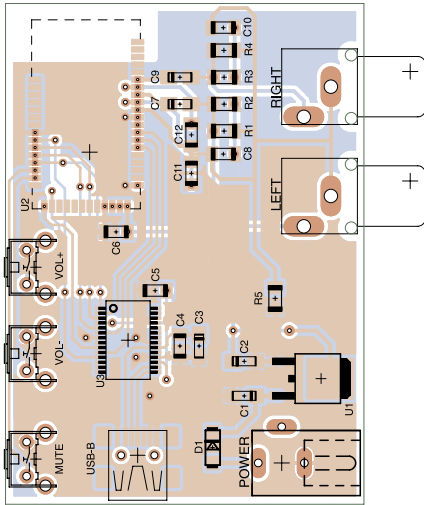
prace nad usunięciem wymienionych niedogodności, których wynikiem będzie nowa wersja firmware. Niezależnie od możliwości wykorzystania sprzętowych portów I/O modułu w celu regulacji głośności (czy też realizacji innej funkcjonalności) analogiczny efekt uzyskamy korzystając w dedykowanych komend zdalnych funkcjonujących prawidłowo niezależnie od zainstalowanego firmware modułu: *AT+GOU* dla zwiększenia głośności czy *AT+GOD* dla jej zmniejszenia.

Budowa i konfigurowanie

Schemat ideowy interfejsu *audioLink* zaprezentowano na rysunku 1. Jest to urządzenie zbudowane z użyciem minimalnej liczby elementów zewnętrznych. Oprócz typowej aplikacji dla realizacji wyjściowego toru audio, wykorzystano w nim alternatywne, programowe funkcje trzech portów I/O przeznaczone do poziomu sygnału na wyjściu audio modułu oraz zastosowano scalony konwerter RS232/USB w postaci układu scalonego FT232RL przeznaczony do wstępnej konfiguracji modułu BTM511. To rozwiązanie, choć

Na CD: karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym





Rysunek 4. Schemat montażowy układu **audioLink**

może wydawać się nieuzasadnione ekonomicznie (z uwagi na cenę układu FT232RL i jego „chwilowe” przeznaczenie), pozwala na bezproblemowe skonfigurowanie modułu Bluetooth, jak również na dowolne eksperymentowanie w celach poznawczych.

W tym miejscu warto zaznaczyć, iż pierwszemu podłączeniu naszego urządzenia do komputera PC będzie towarzyszyć żądanie podania ścieżki dostępu do sterowników wymaganych przez układ FT232RL. Sterowniki te są dostępne pod adresem: <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>. Po ich zainstalowaniu należy sprawdzić, pod jakim numerem portu szeregowego zainstalował się nasz wirtualny port COM (np. w systemie Windows XP sprawdzamy w Menedżerze Urządzeń numer portu COM oznaczonego jako *USB Serial Port*).

Moduł BTM511 wymaga wcześniejszej konfiguracji, aby jego ustawienia sprzętowe odpowiadały założeniom projektu. Proces takiej konfiguracji powinien przebiegać z zachowaniem algorytmu (kolejności poleceń) zamieszczonego w **tabeli 3**.

Do przesłania komend konfiguracyjnych do modułu BT511 można użyć dowolnego programu terminalowego, lecz takie rozwiązanie nie zapewnia dostatecznej wygody użytkownika. Można również napisać prostą aplikację wykonującą w sposób automatyczny cały proces konfiguracji, ale nie będzie to rozwiązanie uniwersalne, i wymaga pewnego dodatkowego nakładu pracy. Co prawda producent modułu udostępnił specjalizowany program terminalowy, jednak moim zdaniem nie jest on zbyt wygodny w użytkowaniu, a już na pewno nie jest rozwiązaniem zapewniającym automatyzację procesu konfiguracji. Dlatego wybrałem produkt konkurencyjnej firmy Telegesis Ltd. o nazwie *Telegesis Terminal*, który jest przeznaczony do konfigurowania modułów ZigBee (i nie tylko) produkowanych przez tę firmę. To oprogramowanie jest przeznaczone dla komputera PC. Umożliwia ono tworzenie własnej listy rozkazów sterujących w postaci przycisków

wykonujących zaprogramowane wcześniej akcje, które dodatkowo można łączyć w dowolne, logiczne grupy rozkazów. Wykorzystując tę możliwość przygotowałem specjalny zestaw komend sterujących przeznaczonych do konfiguracji modułu BTM511 i zapamiętałem go w pliku *BTM511_FW_14_1_2_0.xml*. Należy go wczytać po instalacji i pierwszym uruchomieniu programu *Telegesis Terminal* za pomocą menu File → Open Layout (skrót klawiszowy Ctrl+O). Po wykonaniu tych czynności ukaże się okienko pokazane na **rysunku 2**. Podzielono je na 3 logiczne części. Pierwsza z nich umożliwia ustawienie parametrów pracy portu szeregowego używanego do połączenia z modułem BTM511 (w naszym wypadku należy wybrać wirtualny port COM, na którym zainstalował się konwerter FT232RL). Jego ustawienia powinny być następujące: 9600, n, 8, 1 ze sprzętowym sterowaniem przepływem (ustawienia domyślne modułu). Druga część okna to pole środkowe zawierające status połączenia z modemem, listę wysłanych i odebranych komend oraz dodatkowe pole *Command*: przeznaczone na wpisanie opcjonalnych parametrów wysłanych komend. Trzecia część to pole grup przycisków przeznaczonych do wysyłania predefiniowanych komend sterujących.

Aby rozpocząć proces konfigurowania musimy w pierwszej kolejności zestawzić połączenie używając do tego celu przycisku *Connect*. Po tej operacji wszystkie klawisze komend sterujących stają się aktywne. Teraz można przystąpić do konfigurowania modułu. Należy przy tym zwrócić uwagę, że kolejność wykonywania poszczególnych komend powinna być zgodna z zamieszczoną w tab. 3. Rezultaty wykonania poszczególnych komend możemy podglądać w polu listy zlokalizowanym w środkowej części okna programu. Jeśli wykonanie komendy wymaga podania opcjonalnych parametrów (nadanie nazwy urządzeniu Bluetooth czy wprowadzenie kodu PIN), po wciśnięciu odpowiedniego przycisku zostaniemy przeniesieni do pola *Command*, w którym można je wpisać (w naszym wypadku w cudzysłowie). Następnie, należy nacisnąć przycisk *Send* (**rysunek 3**).

Po skonfigurowaniu modułu Bluetooth jest gotowy do pracy. Resztę czynności wykonujemy po stronie urządzenia – źródła dźwięku. Zwyczajowe kroki podejmowane w takim przypadku to:

- uruchomienie aplikacji do obsługi interfejsu Bluetooth np. kliknięcie ikonki „Moje miejsca interfejsu Bluetooth” (Windows XP),
- utworzenie nowego połączenia,
- wyszukanie nowego urządzenia Bluetooth, czyli naszego modułu, który opisano zdefiniowaną podczas procesu konfiguracji nazwą użytkownika (standardowo *audioLink*),
- zezwolenie na połączenie z wybranym modułem (może być potrzebne podanie kodu PIN),

- uruchomienie odtwarzacza plików multimedialnych (np. Windows Media Player).

Od tej chwili możemy cieszyć się dobrą jakością dźwięku odtwarzanego za pomocą zewnętrznego zestawu audio. W wypadku problemów z odtwarzaniem należy sprawdzić czy na liście Menedżera Urządzeń systemu Windows znajduje się urządzenie o nazwie *Bluetooth Audio Device* oraz czy w ustawieniach naszego odtwarzacza plików multimedialnych urządzenie to zostało wybrane jako wyjściowe (głośniki).

Montaż

Schemat montażowy urządzenia zamieszczono na **rysunku 4**. Zdecydowana większość elementów (poza gniazdami i przyciskami) jest typu SMD a ich montaż przewidziano po stronie TOP. Ciekawym pod względem rodzaju obudowy, a zarazem sporym wyzwaniem przy montażu, jest moduł BTM511, a to z racji niewielkich rozmiarów oraz faktu, że wyprowadzenia modułu umieszczono od spodu. Dlatego przy montażu zastosowano pewną „sztuczkę”, która umożliwia ręczne przylutowanie modułu. Na płytce drukowanej, w miejscach wyprowadzeń modułu, zaprojektowano przelotki z warstwy górnej na dolną. Aby przylutować moduł należy miejsca lutów na płytce oraz te wyprowadzenia modułu, które będą przylutowane, pokryć niewielką warstwą cyny jednocześnie pozostawiając grubą warstwę kalafonii. Następnie należy dokładnie umiejscowić moduł BTM511 w miejscu lutowania kierując się jego obrysem na warstwie górnej, po czym rozgrzać punkty lutownicze w miejscach przelotek na warstwie dolnej powodując roztopienie się nadmiaru cyny pomiędzy tak umiejscowionym elementem a punktami lutowniczymi na warstwie górnej. W ten prosty sposób, przy odrobinie wprawy, przylutujemy nasz moduł. Kolejnym krokiem jest montaż układu scalonego FT232RL charakteryzującego się gęstym rozkładem wyprowadzeń. Montaż tego typu układów najłatwiej wykonać przy użyciu stacji lutowniczej, dobrej jakości cyny z odpowiednią ilością topnika oraz plecionki rozlutowniczej, która umożliwi usunięcie nadmiaru cyny pomiędzy wyprowadzeń układu. Należy przy tym uważać by nie uszkodzić go termicznie. Na końcu należy przylutować inne elementy SMD oraz pozostałe elementy przeznaczone do montażu przewlekane.

Część płytki drukowanej, na której znajdują się elementy wyjściowego toru audio modułu Bluetooth może być zaekranowana przy użyciu kawałka miedzianej blachy przylutowanej w specjalnych punktach przeznaczonych do tego celu, które nie zostały powleczone lakierem. Poprawnie zmontowane i skonfigurowane urządzenie powinno działać natychmiast po włączeniu zasilania.

Robert Wołgajew, EP