

# Stacjonarny odtwarzacz mp3 z budzikiem (2)

*Przed miesiącem, na wstępie pierwszej części artykułu napisaliśmy: malkontenci zapewne zakrzykną „po co publikować taki projekt, skoro w sklepie można kupić odtwarzacz mp3 z pamięcią Flash za mniej niż 100 złotych?”. Pozytywne reakcje na ten artykuł ze strony wielu Czytelników, przesłane nam w pierwszych dniach po ukazaniu się EP7/2009, utwierdziły nas w celowości tej publikacji, bo prezentowane urządzenie jest unikatowe ze względu na możliwość przystosowania go do pracy chociażby w samochodzie oraz bardzo dobrą jakość dźwięku. Ponadto satysfakcja z samodzielnie wykonanego urządzenia nie da się porównać z tą pojawiającą się przy zakupie masowo produkowanego urządzenia.*

## AVT-5195

W ofercie AVT:  
AVT-5195A – płytka drukowana

### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Układ zbudowany na 3 płytkach: klawiatura, płytka główna, przetwornik C/A
- Zdalnie sterowany pilotem podczerwieni
- Dopasowany do możliwości typowego, domowego zestawu audio
- Mikrokontroler AT91SAM9260
- Odtwarzanie utworów nagranych na karcie SD
- Zegar czasu rzeczywistego z funkcją budzika

### Montaż i uruchomienie

Schematy montażowe płytki głównej, płytki kodeka i płytki klawiatury umieszczono odpowiednio na **rys. 5**, **rys. 6** i **rys. 7**. Skompletowanie części do odtwarzacza nie powinno nastęrczać większych problemów, ponieważ wszystkie potrzebne elementy elektroniczne można kupić w wysyłkowych sklepach internetowych.

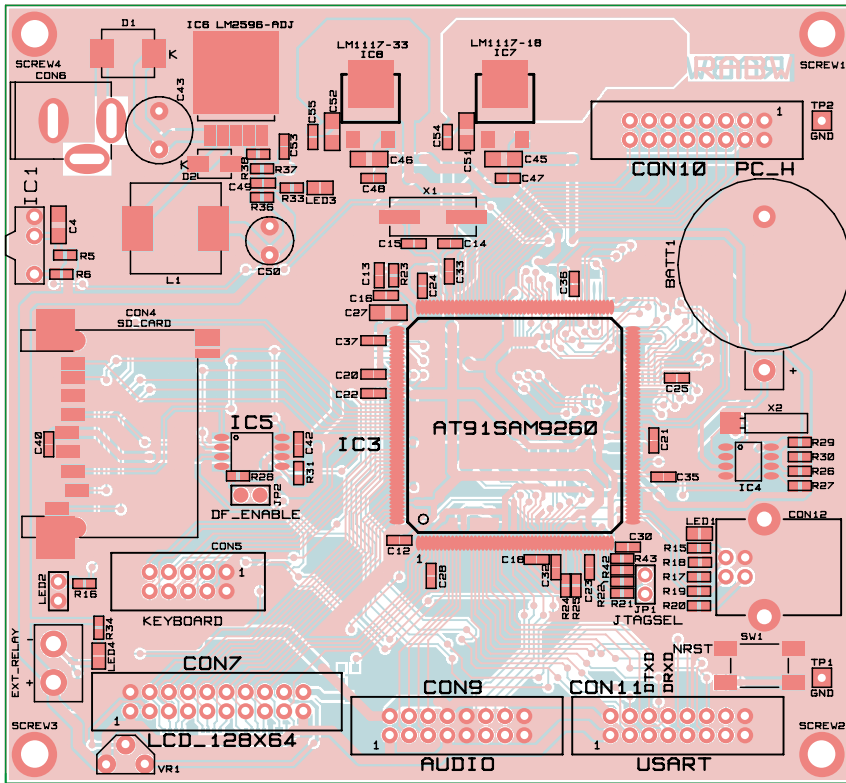
Płytką przetwornika DAC została oddzielona od płytki głównej przede wszystkim dla umożliwienia rozbudowy odtwarzacza. Zamiast modułu z samym przetwornikiem DAC można zaprojektować własny moduł z przetwornikiem ADC i DAC lub kodekiem audio. Niestety kodeki i przetworniki ADC audio są trudniej dostępne i bardziej kosztowne.



### PROJEKTY POKREWNE

wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Kieszonkowy odtwarzacz MP3	EP 3-4/2003	---
Magnetofon cyfrowy DAR-001	EP 6-9/2007	---
Yampp-7 Kieszonkowy odtwarzacz MP3	EP 3-4/2003	---
Yampp-3	EP 12/2002-2/2003	---
Odtwarzacz MP3 z układem STA013	EP 8-9/2003	---
Yampp 3	EP 9-10/2002	---



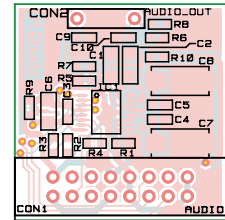
Rys. 5.

towne niż UDA1330ATS, więc zrezygnowałem z projektowania płytki pod kodek.

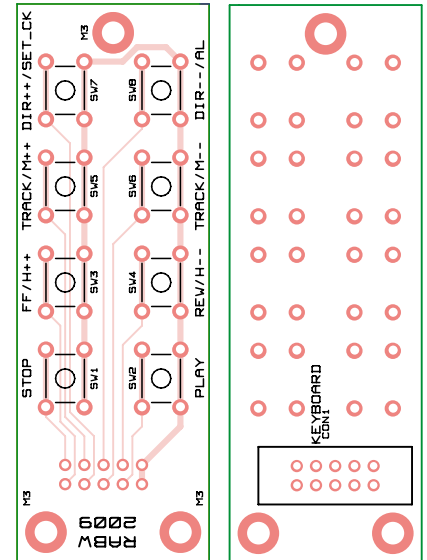
Montaż odtwarzacza także nie powinien być trudny, ponieważ wszystkie układy scalone użyte do jego budowy mają „widoczne” wyprowadzenia (nie są to układy BGA czy w obudowach typu „leadless”). Dobry topnik (polecam zagęszczony „no-clean”), ostrożne lutowanie, odrobina cierpliwości i na pewno uda się zmontować odtwarzacz.

Dobrym pomysłem może być sprawdzenie poprawności napięć zasilających przed wmontowaniem najdroższych układów scalonych. Złącza „wannowe”, czyli typu „Box header” (CON5, CON7, CON9, CON10, CON11) wygodnie jest wmontować na samym końcu, już po wlutowaniu układów scalonych (aby nie przeszkadzały).

Warto pamiętać, że złącze „wannowe” na płycie klawiatury montowane jest od



Rys. 6.



Rys. 7.

spodniej strony tej płytki. Połączenie płytki głównej z płytką klawiatury można wykonać 1:1 przy pomocy zaciskanej „szarej” taśmy. Podobnie, płytkę kodeka można zamontować albo na kawałku zaciskanej taśmy albo przy pomocy 16-pinowego złącza żeńskiego bezpośrednio włączanego do CON9 (jak na fotografii). Wyświetlacz LCD 128×64 najwygodniej jest podłączać do CON7 przy pomocy taśmy, do której z jednej strony zaciskamy 20-pinowe, dwurzędowe złącze żeńskie, a drugi koniec lutujemy albo do 20-pinowego złącza jednorzędowego, albo bezpośrednio do płytki modułu wyświetlacza. Najbezpieczniej jest porównać kolejność wyprowadzeń posiadanego wyświetlacza z tab. 1.

Po zakończeniu montażu całego urządzenia, można podłączyć baterię do podstawki BATT1 i napięcie zasilania (7...25 V) do złącza CON6, a potem przystąpić do wgrzywania

R E K L A M A



List. 1.

```
# Initialize SDRAM
if { [catch {GENERIC::Init $RAM::appletAddr $RAM::appletFileName [list $::target(comType) $GENERIC::traceLevel
$BOARD::vddmem $BOARD::ramType] dummy_err } ] {
    if { $commandLineMode == 0 } {
        messageDialog error.gif „Failed to initialize external RAM” „External RAM init.” ok
    }
    puts „-E- Error during external RAM initialization”
    # Close link
    TCL_Close $target(handle)
    exit
} else {
    puts „-I- External RAM initialized”
}
}
```

programów do pamięci Flash (IC5). Czytelnicy, którzy nie chcą się męczyć z programowaniem pamięci DataFlash przy pomocy opisanych dalej narzędzi, mogą spróbować zaprogramować tę pamięć przed jej wlutowaniem (w pewnych sytuacjach może to być wygodniejsze).

**Programowanie pamięci Flash**

Jak wspomniałem wcześniej, mikrokontrolery AT91SAM9260 nie posiadają wewnętrznej pamięci Flash. Dlatego w projekcie odtwarzacza MP3 programy do wykonania przechowywane są w zewnętrznej pamięci DataFlash. Z DataFlash-a są automatycznie kopiowane do pamięci SRAM0 lub SDRAM, a stamtąd wykonywane. W materiałach do artykułu znajdziemy 3 pliki binarne:

- **DataFlash\_Programmer.bin** – jest to program służący do programowania pamięci DataFlash. By zaprogramować pamięć DataFlash, program ten trzeba tymczasowo umieścić w wewnętrznej pamięci SRAM0 (na adresie 0x200000) i stamtąd wykonywać. Wgranie go do pamięci i uruchomienie można przeprowadzić przy pomocy aplikacji SAM-BA. Do pamięci DataFlash przy pomocy tego programu możemy wgrać zarówno właściwy kod aplikacji jak i bootloader drugiego poziomu. Co prawda program SAM-BA ma możliwość programowania zewnętrznej pamięci DataFlash podłączonej do mikrokontrolera, lecz ta opcja może nie działać poprawnie w niektórych wersjach SAM-BA.
- **MP3\_Player\_Bootloader.bin** – jest to bootloader II poziomu. Ma on zostać umieszczony na samym początku pamięci DataFlash (rozpoczynając od najniższych adresów). Stamtąd zostanie automatycznie skopiowany do pamięci SRAM0 przez bootloader I poziomu znajdujący się w pamięci ROM mikrokontrolera. Po uruchomieniu, MP3\_Player\_Bootloader skopiuje kod właściwego programu odtwarzacza z wyższych adresów pamięci DataFlash (kopiuje pierwsze 200 KB rozpoczynając od bloku 10) do początkowego obszaru pamięci SDRAM (na adresie 0x2000000). Oprócz przeprowadzenia kopiowania, bootloader II poziomu tworzy tabelę translacji, uaktywnia jednostkę MMU, oraz włącza obie pamięci cache na wybranych adresach – dzięki temu

właściwa aplikacja odtwarzacza nie musi troszczyć się o te czynności.

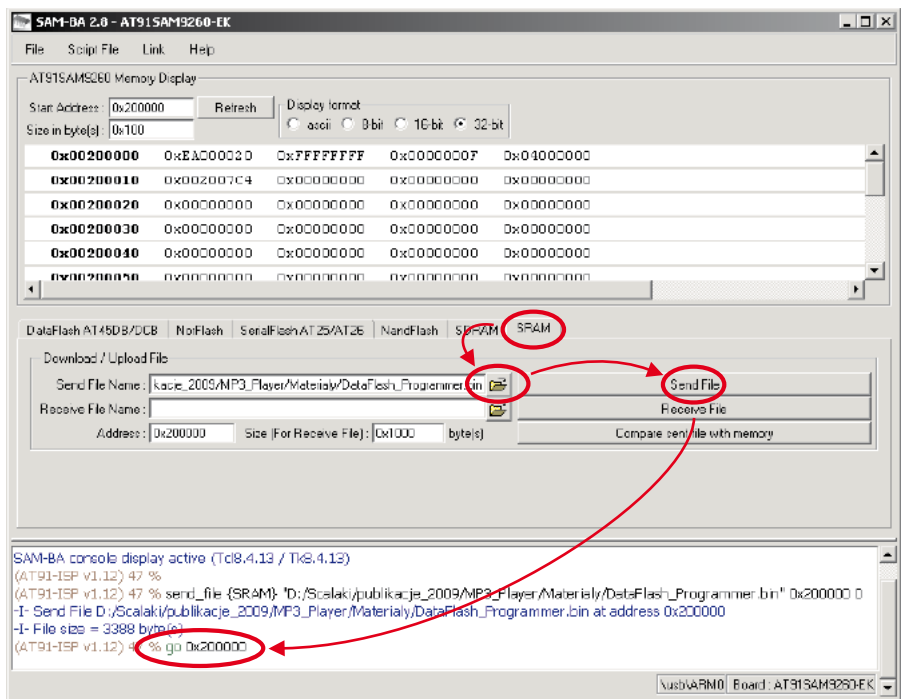
- **MP3\_Player\_Program.bin** to właściwy program odtwarzacza MP3. Dla Czytelników chcących wyłącznie uruchomić odtwarzacz jest on dostarczony w postaci pliku binarnego. Czytelnicy zamierzający dostosować program do własnych potrzeb także nie powinni być zawiedzeni, ponieważ w materiałach do artykułu znajdują się wszystkie pliki źródłowe programu odtwarzacza.

Programowanie pamięci DataFlash rozpoczniemy od umieszczenia „programatora” DataFlash\_Programmer w pamięci SRAM0. W tym celu powinniśmy zainstalować program SAM-BA oraz lekko zmodyfikować jeden z jego skryptów. Dalszy opis będzie dotyczył SAM-BA w wersji 2.8 wchodzącego w skład pakietu AT91-ISP w wersji 1.12. Wbrew pozorom przy programowaniu najwygodniej jest posługiwać się dwoma połączeniami odtwarzacza z komputerem PC: przy pomocy USB oraz (jednocześnie) przy pomocy portu szeregowego DBGU mikrokontrolera. Aby podłączyć komputer PC z płytką odtwarzacza można zastosować gotową przejściówkę USB na port szeregowy pracującą w standardzie „TTL” lub zmontować „na pająka”

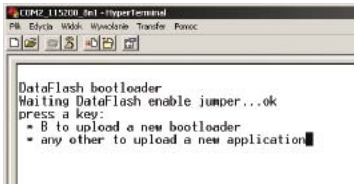
przejściówkę RS232-„TTL” np. na układzie scalonym MAX232 lub MAX3232. Wyprowadzenia DBGU dostępne są na złączu CON11. Linia nadawcza to DTXD (wprowadzenie 6), a odbiorcza to DRXD (wyprowadzenie 8).

**SAM-BA „Hacking”**

Instalacja programu SAM-BA nie powinna sprawić żadnych kłopotów. Z racji jednak, że odtwarzacz MP3 nie jest zbudowany na typowej płytce ewaluacyjnej kompatybilnej z AT91SAM9260-EK produkcji Atmel, należy wprowadzić pewną modyfikację do skryptu TCL służącego do komunikacji SAM-BA z mikrokontrolerem. Potrzeba modyfikacji wynika z zastosowania innej organizacji pamięci SDRAM na płytce odtwarzacza, niż na płytce AT91SAM9260-EK – przez to program SAM-BA zaraz po starcie „nie pójdzie” dalej, ponieważ uzna, że SDRAM nie działa jak należy. Modyfikacja polegała będzie na wyrzuceniu (np. przez „odkomentowanie”) fragmentu skryptu **AT91SAM9260-EK.tcl** znajdującego się w katalogu **AT91-ISP v1.12\SAM-BA v2.8\lib\AT91SAM9260-EK** (rozpoczynając oczywiście od katalogu, gdzie znajduje się pakiet AT91-ISP). Ze skryptu najprościej jest wyrzucić lub „odkomentować” znakami # cały fragment przedstawiony na **list. 1**.



Rys. 8.



Rys. 9.

### Uruchamianie „programatora” pamięci DataFlash

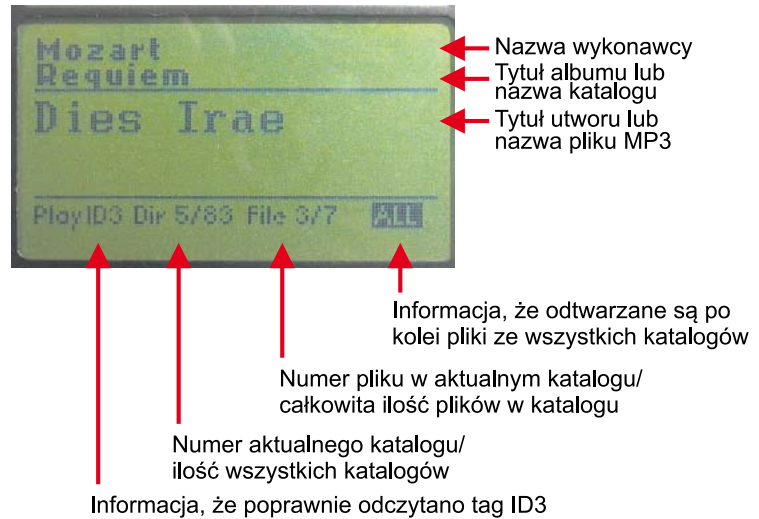
Aby skomunikować płytke odtwarzacza z programem SAM-BA najwygodniej jest zastosować interfejs USB. Uruchamianie rozpoczniemy od włączenia zasilania lub zresetowania płytki najlepiej przy rozłączonej zworce JP2. Kilka sekund później można tę zworcę założyć na jej miejsce. Ciągłe zasilaną płytkę podłączamy przez USB do komputera PC, a jej port DBGU podłączamy do dowolnego portu szeregowego komputera. W przypadku pierwszego uruchamiania przez USB należy zainstalować sterowniki płytki z mikrokontrolerem AT91 (nie powinno to sprawić problemu). Przed wykonaniem dalszych czynności warto także otworzyć program terminalowy zdolny do wysyłania plików protokołem XModem (np. HyperTerminal). W terminalu otwieramy port szeregowy odpowiadający połączeniu z portem DBGU mikrokontrolera. Parametry transmisji są typowe: 115200 baud, 8 bitów danych, 1 bit stopu, brak bitu parzystości, brak kontroli przepływu danych.

Po podłączeniu płytki uruchamiamy program SAM-BA i w okienku wyboru płytki wybieramy AT91SAM9260-EK (zakładam, że wcześniej wg opisu zmodyfikowaliśmy skrypt TCL dla tej płytki). Najlepiej będzie, jeśli SAM-BA będzie się komunikował z mikrokontrolerem przez port USB. Po starcie SAM-BA wybieramy zakładkę SRAM, a następnie przyciskiem Send File wysyłamy do mikrokontrolera plik DataFlash\_Programmer.bin. Po wysłaniu, w linii komend programu SAM-BA wpisujemy polecenie „go 0x200000”, co uruchomi programator (rys. 8). Na terminalu DBGU od razu powinny pojawić się komunikaty takie jak na rys. 9. Teraz możemy zdecydować, jaki program chcemy wgrać do pamięci DataFlash: czy będzie to bootloader II poziomu, czy docelowa aplikacja.

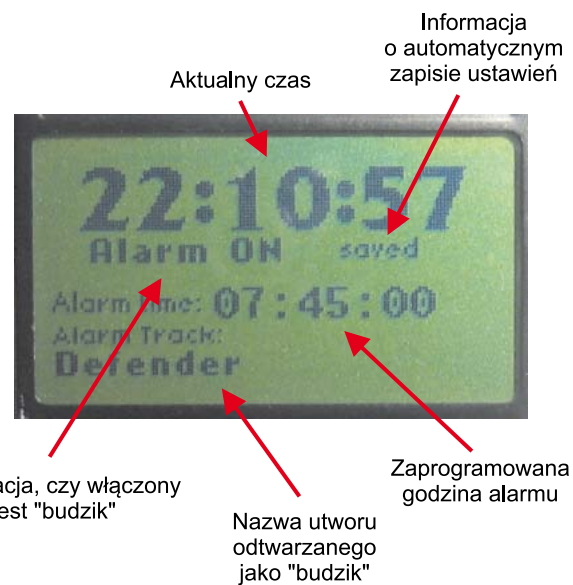
### Wgrywanie bootloadera i aplikacji odtwarzacza

Zacznijmy od wgrania bootloadera II poziomu. W tym celu z terminala do płytki wysyłamy znak B lub b. Na terminalu zaczynają pojawiać się litery C, co będzie oznaczało gotowość urządzenia na otrzymanie pliku przy pomocy protokołu XModem. Wysyłamy zatem do urządzenia plik MP3\_Player\_Bootloader.bin (z menu terminala: Transfer -> Wyślij plik..., a w okienku, które się pojawi wybieramy ścieżkę pliku i protokół XModem).

Po wysłaniu pliku MP3\_Player\_Bootloader.bin, odtwarzacz nie będzie jeszcze za-



Rys. 10.



Rys. 11.

wierał żadnej aplikacji do wgrania, więc nie „wystartuje”. Teraz trzeba powtórzyć czynność programowania pamięci DataFlash – tym razem jednak trzeba będzie wybrać, że chcemy wgrać kod aplikacji. W celu ponownego uruchomienia „programatora” DataFlash wykonujemy następujące czynności: zamykamy program SAM-BA, usuwamy zworcę JP2, resetujemy płytkę, czekamy 3..4 sekundy, zakładamy zworcę JP2, ponownie uruchamiamy SAM-BA, ponownie ładujemy DataFlash\_Programmer.bin pod adres 0x200000 i uruchamiamy go poleceniem „go 0x200000”. W oknie terminala wysyłamy dowolny inny znak niż B lub b oraz protokołem XModem wysyłamy plik MP3\_Player\_Program.bin. Jeśli wszystko poszło zgodnie z planem, to teraz przy każdym włączeniu zasilania uruchamiał się będzie program odtwarzacza MP3.

### Obsługa odtwarzacza

Z racji bardzo dużej ilości wyprowadzeń mikrokontrolera, nie oszczędzałem na ilości dostępnych przycisków, stąd klawiatura 8-przyciskowa, którą we własnej wersji od-

tworzący można z powodzeniem zastąpić np. 16-przyciskową klawiaturą matrycową.

Odtwarzacz w podstawowej wersji oprogramowania może znaleźć się w jednym z zaledwie 3 stanów: „odtwarzanie”, „zatrzymany” i „ustawianie zegara”. Na rys. 10 znajduje się przykładowy widok ekranu odtwarzacza w stanie „odtwarzanie” wraz z opisem. Analogicznie, na rys. 11 widzimy ekran odtwarzacza w stanie „zatrzymany”.

R E K L A M A



Tab. 3.

przycisk	kod RC5	mnemonik	stan „odtwarzanie”	stan „zatrzymany”	stan „ustawianie zegara”
SW1	0x0C	STOP_ENTER	przejsie do stanu „zatrzymany”	wylaczenie/wlaczenie podswietlenia LCD	zapisanie ustawien i przejsie do stanu „zatrzymany”
SW2	0x37	PLAY_PAUSE_ESC	restart odtwarzanego utworu	przejsie do stanu „odtwarzanie”	przejsie do stanu „zatrzymany” bez zapisywania ustawien
SW3	0x3C	FAST_FORWARD	przewijanie do przodu	godzina alarmu ++	godzina zegara ++
SW4	0x3F	REWIND	przewijanie do tyłu	godzina alarmu --	godzina zegara --
SW5	0x10	NEXT_TRACK	nastepny utwór	minuta alarmu ++	minuta zegara ++
SW6	0x11	PREVIOUS_TRACK	poprzedni utwór	minuta alarmu --	minuta zegara --
SW7	0x20	NEXT_DIR	nastepny katalog	przejsie do stanu „ustawianie zegara”	-
SW8	0x21	PREVIOUS_DIR	poprzedni katalog	wlaczenie/wylaczenie alarmu	-
-	0x2E	NEXT_10_DIRS	skok 10 katalogow do przodu	-	-
-	0x2B	PREVIOUS_10_DIRS	skok 10 katalogow do tyłu	-	-
-	0x1E	PLAY_ALL_DIRS	odtwarzanie utworow z jednego katalogu / odtwarzanie utworow ze wszystkich katalogow	-	-

Wykaz funkcji poszczególnych przycisków i kodów RC5 w każdym ze stanów znajduje się w **tab. 3**. Kolumna „mnemonik” zawiera część nazwy polecenia używanej w programie (pominięto przedrostki). Komendy wysłane z pilota zdalnego sterowania działają wtedy, gdy odtwarzany jest utwór, czyli w stanie „odtwarzanie”. Jedynym wyjątkiem jest komenda PLAY\_PAUSE\_ESC (kod 0x37), która działa także w trybie „zatrzymany”, by można było zdalnie rozpocząć odtwarzanie. W podstawowej wersji programu rozpoczęcie odtwarzania jest tożsame z włączeniem podświetlenia LCD (jeśli było wyłączone) i aktywacją wyjścia zewnętrznego przekaźnika. Wyłączenie zewnętrznego przekaźnika nastąpi w momencie wyłączenia podświetlenia ekranu LCD (ze stanu „odtwarzanie” do wyłączenia przekaźnika trzeba 2 razy wysłać komendę STOP\_ENTER). Przekaznik nie wyłącza się równocześnie z przejściem do trybu „zatrzymany” po to, aby uniknąć niepotrzebnego wyłączenia wzmacniacza, kiedy podpięte jest do niego także inne urządzenie wejściowe (np. tuner lub telewizor). Domyślnie odtwarzacz odrzuca wszystkie komendy przechodzące na innych adresach niż 0 (w założeniach producenta jest to adres telewizora). Kody pilota RC5 podane w tabeli oraz domyślny adres można „ręcznie” zmienić w programie sterującym, lecz niestety wymaga to powtórnego kompilowania kodu.

Odtwarzacz jest przystosowany do działania z jedną kartą SD od momentu włączenia zasilania (bądź resetu). Obsługa zmiany i wyjmowania karty SD w czasie działania odtwarzacza nie została zaimplementowana, ze względu na to, że rzadko zachodzi potrzeba skorzystania z niej. Pliki na karcie mogą znajdować się w katalogu głównym (te znajdują się na początku listy odtwarzania) jak i w podkatalogach. Wymaganie jest jednak takie, aby nie zagnieżdżać podkatalogów więcej niż 1 raz, ponieważ odtwarzacz poszukuje plików o rozszerzeniu MP3 tylko w katalogu głównym i w katalogach znaj-

dujących się w nim, a dalsze zagnieżdżenia są ignorowane. Dioda LED2 w podstawowej wersji oprogramowania odtwarzacza służy do sygnalizowania zajętości karty SD (świeci, gdy zapisywane lub odczytywane są dane).

Przełączanie pomiędzy utworami odbywa się zależnie od wybranego sposobu odtwarzania (komenda o mnemoniku PLAY\_ALL\_DIRS z tab. 3). Jeśli aktywny jest tryb odtwarzania wszystkich utworów na karcie, to po zakończeniu odtwarzania ostatniego utworu z jednego katalogu, odtwarzacz przechodzi pierwszego utworu z następnego katalogu. Podobnie wtedy działa przełączanie utworów z klawiatury lub pilota: zarówno „do przodu” listy odtwarzania jak i „do tyłu”. Przy aktywnej opcji odtwarzania wszystkich utworów na karcie, gdy chcemy przejść do poprzedniego utworu (komenda PREVIOUS\_TRACK), przechodzimy po kolei do pierwszego utworu z aktualnego katalogu, a następnie do ostatniego utworu z poprzedniego katalogu – i tak „w kółko” listy odtwarzania. Wyłączenie opcji odtwarzania wszystkich utworów skutkuje przeskakiwaniem pomiędzy utworami znajdującymi się w jednym, aktualnym katalogu (zarówno podczas odtwarzania, jak i podczas zmiany utworu komendami NEXT\_TRACK i PREVIOUS\_TRACK) aż do momentu „ręcznej” zmiany katalogu poleceniem NEXT\_DIR lub PREVIOUS\_DIR. Aktywność opcji odtwarzania wszystkich utworów na karcie sygnalizowana jest napisem „ALL” w prawym dolnym rogu wyświetlacza LCD.

Wyświetlanie czytelnych tytułów zaimplementowane zostało wyłącznie na podstawie „taga” ID3 w wersji 1 znajdującego się na końcu większości plików MP3. Jeśli dany utwór nie będzie posiadał danych ID3 v1 lub danych tych nie uda się odczytać, jako tytuł utworu wyświetlona zostanie nazwa pliku MP3, a jako tytuł albumu nazwa katalogu, w którym utwór ten się znajduje. Tagi ID3 w nowszych wersjach nie są obsługiwane. Tytuł utworu wyświetlany jest na środku wyświetlacza, w dwóch liniach, większą czcionką niż inne napisy po to, aby był do-

brze widoczny z większej odległości. Nie ma jednak opcji „inteligentnego” dzielenia linii i często zdarza się, że wyświetlane słowa tytułu są podzielone w najmniej oczekiwanych miejscach. Można jednak zaradzić temu dopisując odpowiedni fragment kodu przenoszący do nowej linii tylko całe wyrazy.

Urządzenie po wyłączeniu zasilania przechowuje informacje o swoich aktualnych ustawieniach. Pamiętany jest zarówno zaprogramowany czas alarmu, jak i aktywność alarmu, ostatnio odtwarzany utwór, aktualny katalog i inne parametry. Dlatego zanik napięcia sieciowego nie powinien wywołać całkowitego „wyzerowania” odtwarzacza i niepoprawnego działania budzika. Dane konfiguracyjne przechowywane są w pamięci RAM układu DS1307 z racji, że pamięć ta ma podtrzymanie bateryjne.

### Co dalej?

Interfejs użytkownika oraz funkcjonalność odtwarzacza można rozbudowywać w dość elastyczny sposób. Sprzyja temu duży zapas mocy obliczeniowej mikrokontrolera. Z racji, że program jest dość złożony (kod wynikowy zajmuje prawie 100 KB) mogło w nim przetrwać wiele niepotrzebnego czy prowizorycznego kodu. Jak to najczęściej bywa, zawsze znajdzie się coś do dopracowania. Jest to jeden z powodów, dla których publikuję źródła programu. Jeśli Czytelnik zauważy kod lub implementację algorytmu, który można rozwiązać lepiej, będzie mógł bez przeszkód poprawić czy udoskonalić dany fragment.

W osobnych artykułach wyjaśnię jak działają najważniejsze i najciekawsze fragmenty programu odtwarzacza MP3. Dzięki tym informacjom będzie można szybko i – mam nadzieję – w miarę bezstresowo przystąpić do analizy lub modyfikacji kodu odtwarzacza.

**Robert Brzoza-Woch**  
rabw@poczta.fm