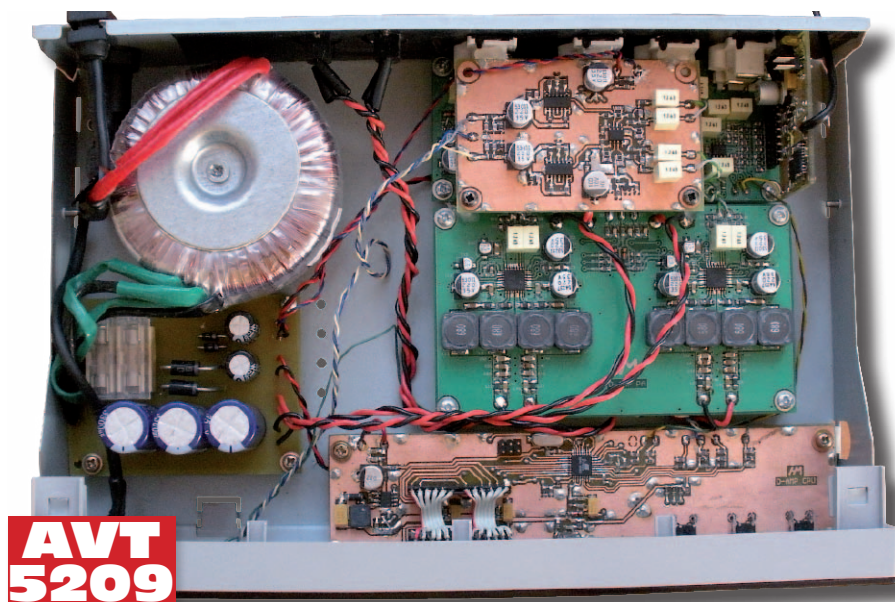


Wzmacniacz D-Amp (3)

Obsługa i oprogramowanie



Ze względu na duży stopień komplikacji oraz rozmiary kodu źródłowego, otrzymaliśmy wiele prośb od Czytelników o opublikowanie szczegółowego opisu sposobu działania oprogramowania sterującego wzmacniaczem D-Amp, zamieszczonego w EP11 i 12/2009. W tym artykule spełniamy te prośby, umieszczając szczegółowe opisy bloków programu, przynależnych do nich funkcji oraz skrócone charakterystyki ich funkcjonowania.



Obsługa wzmacniacza

Do obsługi wzmacniacza D-Amp przewidziano trzy klawisze umieszczone na obudowie urządzenia oraz pilot zdalnego sterowania przy użyciu podczerwieni. Jako pilot zastosowano fabryczną konstrukcję dostępną pod nazwą JJC RM-E1, z przeznaczeniem jako zamiennik pilota do aparatów fotograficznych Olympus. Pilot ten sprawdził się również w przypadku wzmacniacza D-Amp ze względu na niewielkie wymiary i małą liczbę klawiszy. Gdyby wygląd proponowanego pilota był niezadowolający dla części Czytelników, to wzmacniacz można obsłużyć również dowolnym innym pilotem kompatybilnym ze standardem aparatu Olympus E1. Oczywiście wszystkimi funkcjami wzmacniacza można sterować zarówno za pomocą pilota, jak i klawiszy na obudowie.

Po włączeniu zasilania wzmacniacza wyświetlane jest na krótko logo „D-Amp”, a następnie uaktywniane jest poprzednio używane wejście, przywracane są wszystkie nastawy i uaktywniany jest tryb regulacji głośności. Jeżeli w pamięci EEPROM mikrokontrolera nie było zapamiętanych poprawnych nastaw lub jest to pierwsze włączenie wzmacniacza, przyjmowane są ustawienia domyślne.

Do poruszania się po menu nastaw wzmacniacza służy klawisz MENU na obudowie lub przyciski W i T pilota. Standardowo wzmacniacz znajduje się w trybie regulacji głośności, jako najczęściej używanej. Wcisnięcie klawisza MENU lub przycisku T pilota powoduje przechodzenie do kolejnych nastaw: wybór wejścia,

regulacja basu, regulacja tonów średnich, regulacja tonów wysokich, regulacja balansu. Kolejne przyciśnięcie MENU po dojściu do ostatniego parametru powoduje powrót do regulacji głośności. Przy korzystaniu z pilota zdalnego sterowania można również wybierać funkcje w odwrotnej kolejności, używając przycisku W.

Regulacji danego parametru dokonujemy przy wykorzystaniu klawiszy UP i DOWN na obudowie lub przycisków „+” i „-” na pilocie. Przytrzymanie przycisków powoduje ciągle zmienianie wskazanej nastawy z prędkością zależną od regulowanego parametru.

Jeżeli zakończymy regulację na nastawach innego parametru niż głośność, to po 10 sekundach od naciśnięcia ostatniego klawisza wzmacniacz przejdzie do trybu regulacji głośności. W przypadku braku aktywności klawiszy przez minutę, zostanie wygaszony wyświetlacz, na którym pozostaną wyświetlone tylko dwie kropki na pierwszej i ostatniej pozycji.

Oprócz zastosowania wyłącznika sieciowego, wzmacniacz umożliwia również przejście do trybu stand-by. Można tego dokonać przez przytrzymanie przez ponad 2 sekundy klawisza MENU lub naciśnięcia przycisku S na pilocie. Ponowne włączenie wzmacniacza następuje przy wcisnięciu klawisza MENU bez przytrzymania lub użycia przycisku S pilota. W trybie stand-by na wyświetlaczu wyświetlona zostaje kropka na ostatniej pozycji informująca, że urządzenie jest ciągle zasilane.

W przypadku korzystania ze słuchawek, ich dołączenie powoduje wyciszenie dźwięku

AVT-5209 w ofercie AVT:
AVT-5209A – płytką drukowaną

- Podstawowe informacje:**
- Moc wyjściowa 2×25 W przy obciążeniu 8 V i THD+N≤0,3%
 - Możliwa modyfikacja układu i podniesienie mocy wyjściowej do 2×40 W
 - Zasilanie 230 VAC
 - 4 wejścia zewnętrznego sygnału m.cz.
 - Interfejs Bluetooth do podłączenia zewnętrznego źródła dźwięku w trybie słuchawek bezprzewodowych
 - Sterowanie klawiszami oraz za pomocą nadajnika podczerwieni
 - Nowoczesny, zdalnie sterowany układ regulacji barwy dźwięku, balansu i wzmocnienia (procesor dźwięku)
 - Sterowany przez ATmega8
 - Konstrukcja modułowa umożliwiająca łatwą modyfikację

Dodatkowe materiały na CD i FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 12686, pass: 2b7r7b68

- pierwsza i druga część artykułu

w głośnikach. Odłączenie słuchawek powoduje ponowną aktywację odtwarzania przez głośniki.

Ważną cechą wzmacniacza jest możliwość kalibracji czułości jego wejść. Jest to bardzo przydatna funkcja, gdyż przy dołączaniu do wzmacniacza różnego rodzaju urządzeń często będziemy mieli do czynienia z poziomami liniowymi dostarczonymi w różnych standardach. W popularnym sprzęcie można spotkać się z rozwiązaniami dostarczającymi sygnał audio o poziomie od 200 mV_{pp} do nawet 2 V_{pp}, co przy stałym wzmocnieniu wzmacniacza w jednym przypadku ogranicza maksymalną moc wyjściową, a w drugim utrudnia ustawienie niewielkiego poziomu głośności i może prowadzić do przesterowań.

Ponieważ dopasowanie czułości wzmacniacza do poziomu dostarczanego do wejścia odbywa się niezbyt często, oprogramowanie układu sterowania realizuje tę funkcję na zasadzie menu serwisowego. W celu wejścia do tego menu należy podczas włączania zasilania wzmacniacza trzymać wciśnięte klawisze UP i DOWN. Po wejściu do trybu serwisowego wzmacniacz nie odtwarza dźwięku, a na ekranie wyświetlane są tylko nazwy wejść oraz decybelowa wartość wzmocnienia przedwzmacniacza. Regulacji wartości wzmocnienia można dokonać z krokiem co 2 dB w przedziale od 0 do 30 dB. Zmiany wartości dokonujemy klawiszami UP i DOWN, natomiast wyboru wejścia klawiszem MENU.

Po zakończeniu regulacji należy wyłączyć wzmacniacz wyłącznikiem sieciowym, wówczas ustawione wartości wzmocnień zostaną zapisane w pamięci EEPROM i będą miały zastosowanie przy następnym uruchomieniu wzmacniacza. Wejścia do menu serwisowego czy regulacji wzmocnienia przedwzmacniacza nie można dokonywać przy użyciu pilota.

Korzystanie z interfejsu Bluetooth

Korzystanie z interfejsu Bluetooth A2DP wzmacniacza D-Amp jest nieco bardziej skomplikowane niż korzystanie ze zwykłych źródeł sygnału. Wiąże się to z koniecznością nawiązania połączenia Bluetooth i sparowania urządzeń ze sobą. Wybranie w menu wyboru wejść pozycji BT A2DP powoduje uaktywnienie interfejsu Bluetooth, który w pierwszej fazie przechodzi do trybu łączenia się z ostatnio połączonym urządzeniem. Jeżeli takie połączenie dojdzie do skutku, możemy rozpocząć odtwarzanie z dołączonego urządzenia. Jeśli natomiast połączenie nie zostanie zrealizowane, po czasie jednej minuty moduł Bluetooth przechodzi w tryb parowania. Wówczas należy wyszukać go np. z telefonu komórkowego, korzystając z opcji „Wyszukaj urządzenia Bluetooth” lub podobnej, w zależności od producenta telefonu. Moduł Bluetooth wzmacniacza D-Amp zostanie wyszukany pod nazwą BTM-132. Należy połączyć się z tym urządzeniem, podając jako kod dostępu (PIN) cyfry: 0000. Po prawidłowo przeprowadzonym połączeniu możemy od razu przejść do odtwarzania plików muzycznych poprzez wzmacniacz. Należy pamiętać, że moduł BTM-132 obsługuje również profil handsfree/headset, co powoduje, że przychodząca na telefon rozmowa zostanie przekierowana do modułu Bluetooth, ale rozmówca nie będzie nas słyszał, ponieważ do wejścia modułu nie jest doprowadzony sygnał z mikrofonu.

Ponieważ mikroprocesor modułu Bluetooth symuluje użytkownika naciskającego przyciski na headsecie i oczekuje na komunikaty, obserwując stan wyjścia modułu wykorzystywanego do sterowania diodą LED, proces parowania przebiega w sposób nieoptymalny. Dużo lepszym rozwiązaniem byłaby modyfikacja oprogramowania modułu Bluetooth umożliwiająca komu-

nikację z nim np. przez jeden z wbudowanych w chipset interfejsów. Przeszkodą jest jednak fakt braku dostępności darmowych, chociażby ewaluacyjnych narzędzi (kompilatorów) umożliwiających edycję kodu chipsetu firmy CSR.

Oprogramowanie sterujące

Na płycie CD dołączonej do „Elektroniki Praktycznej” zamieszczono zarówno pliki wykonywalne w formacie .hex, jak i kody źródłowe oprogramowania wzmacniacza D-Amp. Program na mikrokontroler AVR ATmega8 został napisany w języku C, z wykorzystaniem połączenia pakietów AVRStudio i WinAVR. Kod źródłowy został podzielony na kilka bloków:

- Audio.c** – plik z funkcjami obsługi modułu wejść audio,
- TDA7439.c** – funkcje obsługi procesora audio,
- Display.c** – funkcje obsługi wyświetlacza,
- Remote.c** – funkcje obsługi zdalnego sterowania,
- i2c.c** – funkcje obsługi magistrali I²C,
- Damp.c** – główny plik źródłowy.

Plik źródłowy **Audio.c** zawiera następujące funkcje:

- void AudioInit(void)** – zawiera nastawy domyślne procesora audio, przyjmowane w razie błędu pamięci EEPROM oraz odpowiada za wywołanie odczytu nastaw z tej pamięci i konfiguracji procesora przy włączeniu wzmacniacza.
- void AudioToTDA(void)** – odpowiada za przeliczenie nastaw procesora audio z formatu stosowanego w programie do formatu wymaganego przez układ TDA7439.

Plik źródłowy **TDA7439.c** zawiera następujące funkcje:

- void TDAInit(void)** – realizuje wstępną inicjalizację układu TDA7439 oraz zmiennych programowych wykorzystywanych do jego obsługi.
- void TDAConfig(void)** – funkcja sprawdza, czy nastawy parametrów procesora audio się zmieniły i jeśli tak, wysyła nowe nastawy poprzez magistralę I²C. Jeżeli aktywnym wejściem audio jest wejście czwarte (dodatkový moduł audio), to pod adres I²C 0x10 wysyłana jest informacja o włączeniu dodatkowego modułu (0x01). W przeciwnym razie pod ten sam adres wysyłana jest wartość 0x00.

Plik źródłowy **Display.c** zawiera następujące funkcje:

- void ClearDisplay(void)** – funkcja realizuje wyczyszczenie zawartości wyświetlacza poprzez wyświetlenie znaku spacji na każdej jego pozycji.
- void DisplayWrite(void)** – funkcja realizuje wysłanie na wyświetlacz jego zawartości, wygenerowanej przez program główny. Funkcja obsługuje również wyświetlenie wzoru odpowiadającego trybowi wygaszenia wyświetlacza.
- void WriteDisplayData(char data, char position)** – funkcja realizuje bezpośrednią obsługę sprzętową magistrali wyświetlacza. Jej działanie polega na wysłaniu do wyświetlacza znaku zapisanego w zmiennej data na pozycję (od 1 do 8) zapisaną w zmiennej position.

Plik źródłowy **Remote.c** zawiera następujące funkcje:

- void RemoteIni(void)** – funkcja realizuje inicjalizację zmiennych oraz konfiguruje timer 0 i układ przerwań do obsługi linii INTO, do której dołączono odbiornik podczerwieni.
- ISR(INT0_vect)** – funkcja obsługi przerwania zewnętrznego INTO, realizująca maszynę stanów dekodera sygnału z pilota podczerwieni w standardzie NEC. Funkcja przekazuje do pętli głównej programu informację o wciśnięciu zdefiniowanych klawiszy i informację o ich ewentualnym przytrzymaniu.

Plik źródłowy **i2c.c** zawiera następujące funkcje:

- void i2c_setup(void)** – funkcja realizuje inicjalizację sprzętowego interfejsu I²C mikrokontrolera ATmega8.
- void i2c_start(void)** – funkcja generuje sekwencję startu transmisji na magistrali I²C.
- void i2c_stop(void)** – funkcja generuje sekwencję stopu na magistrali I²C.
- void i2c_send(unsigned char data)** – funkcja realizuje wysłanie pojedynczego bajtu danych zapisanego w zmiennej data na magistralę I²C.

Plik źródłowy **Damp.c** zawiera następujące funkcje:

- int main(void)** – jest to funkcja główna programu sterownika wzmacniacza D-Amp. Zawiera ona pętlę główną realizującą większość funkcjonalności zaimplementowanych we wzmacniaczu. Odpowiada za reagowanie na spadek napięcia zasilania, obsługę detekcji słuchawek, przejście do trybu wygaszenia wyświetlacza i trybu stand-by. W pętli głównej wywoływane są również funkcje obsługi klawiatury i wyświetlacza oraz obsługiwana jest regulacja parametrów pracy wzmacniacza.
- ISR(TIMER2_COMP_vect)** – funkcja obsługi przerwania timera 2. Jest ona wywoływana co 1 ms i realizuje głównie obsługę odmierzenia różnego rodzaju stałych czasowych wykorzystywanych w programie. Jej dodatkowym zadaniem jest obsługa przetwornika ADC, który cyklicznie dokonuje pomiaru napięcia zasilania i napięcia pochodzącego z obwodu detekcji dołączenia słuchawek.
- void Init(void)** – funkcja realizuje inicjalizację zmiennych, układu przerwań, timera 2 oraz wywołuje funkcje inicjujące z pozostałych sekcji programu.
- void ADC_setup(void)** – funkcja realizuje inicjalizację przetwornika analogowo-cyfrowego.
- void ChKey(void)** – funkcja realizuje sprawdzanie klawiatury wraz z obsługą detekcji przytrzymania klawisza.
- void Intro(void)** – funkcja realizuje wyświetlenie napisu powitalnego przy włączeniu wzmacniacza.
- void VolControl(void)** – funkcja generuje zawartość wyświetlacza w trybie regulacji głośności.
- void InputControl(void)** – funkcja generuje zawartość wyświetlacza w trybie wyboru aktywnego wejścia audio.

void BassControl(void) – funkcja generuje wartość wyświetlacza w trybie regulacji basów.

void MidControl(void) – funkcja generuje wartość wyświetlacza w trybie regulacji tonów średnich.

void TrebControl(void) – funkcja generuje wartość wyświetlacza w trybie regulacji tonów wysokich.

void BalControl(void) – funkcja generuje wartość wyświetlacza w trybie regulacji balansu.

void ServiceDisp(void) – funkcja generuje wartość wyświetlacza w trybie serwisowym.

void SettingsRead(void) – funkcja realizuje odczyt nastaw z pamięci EEPROM i sprawdzenie ich poprawności poprzez porównanie odczytanej i obliczonej sumy kontrolnej. Jeżeli odczytane dane są poprawne, nastawy wszystkich parametrów są zgodnie z nimi aktualizowane.

void SettingsSave(void) – funkcja realizuje zapis aktualnych nastaw wzmacniacza do pamięci EEPROM mikrokontrolera. W celu realizacji kontroli poprawności danych, obliczana i zapisywana jest również suma kontrolna.

void EEWrite(unsigned char data, unsigned char address) – funkcja realizuje zapis do pamięci EEPROM pojedynczego bajtu przechowywanego w zmiennej data pod adres zapisany w zmiennej address. W celu wydłużenia żywotności pamięci EEPROM zawartość programowanej komórki jest najpierw odczytywana i porównywana z daną do zapisu. Jeżeli obie wartości są równe, to procedura zapisu jest pomijana.

unsigned char EERead(unsigned char address) – funkcja realizuje odczyt pojedynczego bajtu z pamięci EEPROM o adresie podanym w zmiennej address i zwraca odczytaną zawartość.

Oprogramowanie płytki interfejsu Bluetooth

Podobnie jak w przypadku głównego programu sterującego, również tutaj do stworzenia kodu wykorzystano pakiety AVRStudio i WinAVR. Ze względu na niewielki poziom skomplikowania programu został on przygotowany w postaci pojedynczego pliku źródłowego **BTboard.c**. Plik źródłowy zawiera następujące funkcje:

ISR(USI_START_vect) – funkcja obsługi przerwania interfejsu USI skonfigurowanego do pracy jako interfejs I²C slave. Funkcja odpowiada za detekcję sekwencji startu na magistrali I²C.

ISR(USI_OVF_vect) – funkcja obsługi przerwania interfejsu USI odpowiedzialna za generację impulsu ACK w przypadku zaadresowania płytki modułu Bluetooth oraz realizująca odbiór bajtu danych.

ISR(TIM1_COMPA_vect) – funkcja obsługi przerwania timera 1 wywoływana co 1ms, odmierzająca stałe czasowe wykorzystywane w programie.

int main(void) – główna funkcja programu zawierająca pętlę główną. Realizuje proces włączania i wyłączania modułu Bluetooth w zależności od stanu przesyłanego magistralą I²C.

void BTLedStatus(void) – funkcja analizująca wyjście kontrolne modułu Bluetooth w celu określenia, czy nawiązano połączenie z zewnętrznym urządzeniem.

void I2CSetup(void) – funkcja konfigurująca układ USI do pracy w trybie I²C slave.

Możliwość modyfikacji sprzętu i oprogramowania wzmacniacza

W zależności od potrzeby Czytelnika, układ wzmacniacza i oprogramowanie może zostać zmodyfikowane do własnych celów. Najczęstszymi modyfikacjami sprzętowymi będą zapewne: podniesienie mocy wyjściowej wzmacniacza, zastosowanie innego wyświetlacza oraz budowa innego rodzaju dodatkowego modułu wejścia audio.

W przypadku mocy wyjściowej wzmacniacza może ona zostać zwiększona do poziomu około 40 W/8 W przy współczynniku zniekształceń THD+N=10%. W celu uzyskania większej mocy wyjściowej wzmacniacza należy przede wszystkim zaopatrzyć go w odpowiedni transformator sieciowy, o mocy co najmniej 100 W. Dodatkowo należy zwiększyć wzmocnienie toru audio w celu uzyskania większej mocy. Najlepszym sposobem będzie zwiększenie wzmocnienia samego wzmacniacza mocy TPA3106D1 do poziomu 26 dB przez podanie stanu wysokiego na linię GAIN0. Można to zrealizować poprzez odłączenie nóżki nr 5 (GAIN0) od masy i dołączenie jej do nóżki 10 (VREG). Oczywiście taką modyfikację należy wykonać oddzielnie dla prawego i lewego kanału wzmacniacza mocy.

Zastosowane w projekcie wyświetlacze DLO1414 są elementami dosyć trudno dostępnymi, dlatego też jedną z modyfikacji może być zastosowanie innego wyświetlacza. Ze względu na charakter wyświetlanych informacji najbardziej odpowiednim zamiennikiem byłby ciekłokrystaliczny wyświetlacz znakowy, minimum 8 znaków w jednym wierszu. Liczba wyprowadzeń mikrokontrolera przewidzianych do sterowania wyświetlaczem z powodzeniem wystarczy do dołączenia wyświetlacza LCD pracującego w trybie czterobitowej magistrali danych. Niezbędnym krokiem będzie także modyfikacja oprogramowania. W zależności od zastosowanego wyświetlacza należy stworzyć odpowiednią procedurę inicjującą. Do obsługi wyświetlacza podczas normalnej pracy wystarczy zmodyfikować, a w zasadzie napisać od nowa funkcję **void WriteDisplayData(char data, char position)**. Należy w niej zrealizować proces wysyłania kodu ASCII wyświetlanego znaku ze zmiennej data na pozycję od 1 do 8 podawaną w zmiennej position. W przypadku zastosowania wyświetlacza o większej niż osiem liczbę pozycji i chęci wyświetlania dłuższych komunikatów, trzeba będzie niestety dosyć poważnie przerobić całość programu.

Budowa innego modułu dodatkowego wejścia audio to w zasadzie sprawa czysto sprzęto-

List. 1. Definicje adresu i kodów klawiszy pilota zdalnego sterowania

```
//Remote codes for JJC RM-E1 remote control, NEC
standard
#define RME1_ADDRESS      0b0011101110000110
#define RME1_PLUS        0b1111101000000101
#define RME1_MINUS       0b1111101100000100
#define RME1_W           0b111110100000010
#define RME1_S           0b1111111000000001
#define RME1_T           0b1111110000000011
```

wa, gdyż program sterujący wzmacniacza nie sprawdza, czy moduł ten jest obecny, czy nie. Nie jest więc obowiązkowe implementowanie w takim dodatkowym module jakiegokolwiek inteligencji i realizowanie obsługi magistrali I²C. Należy tylko pamiętać o dopasowaniu się do kolejności wyprowadzeń, stosowanego napięcia zasilania, a wyjście sygnału audio zrealizować jako tor symetryczny. Nasuwające się przykłady rozwiązań dodatkowego wejścia audio to między innymi moduł wejścia cyfrowego SPDIF, moduł przedwzmacniacza RIAA do dołączenia gramofonu, wejście audio z interfejsem USB do dołączenia komputera czy też zwykle, kolejne wejście audio. Modyfikując program sterujący wzmacniaczem, można się również pokusić o zrealizowanie na płycie dodatkowego wejścia audio tunera radiowego sterowanego magistralą I²C.

Niektórzy z Czytelników będą z pewnością chcieli zastosować inny niż opisany pilot zdalnego sterowania. Funkcja obsługi pilota została napisana z myślą o pilotach pracujących w standardzie NEC, który jest wykorzystywany przez znaczną część dalekowschodnich producentów sprzętu RTV. Jeżeli pilot, który chcemy zastosować, pracuje w takim standardzie, to jedyną modyfikacją oprogramowania będzie korekta definicji adresu urządzenia i kodów klawiszy. Definicje te znajdują się w pliku źródłowym **Remote.c** i dla zaproponowanego pilota prezentują się zgodnie z kodem przedstawionym na list. 1.

Adres urządzenia oraz kody klawiszy dla konkretnego pilota można znaleźć w Internecie lub w ostateczności próbować odczytać je poprzez modyfikację procedury dekodującej. W miejsce definicji RME1_ADDRESS należy wpisać adres urządzenia, natomiast w miejsce pozostałych wpisów kody konkretnych klawiszy zgodnie z upodobaniami. Należy jedynie zwrócić uwagę na nazwy klawiszy pilota RM-E1, gdyż zgodnie z tymi nazwami zostanie zachowana funkcjonalność przycisków innego pilota.

Procedura obsługi odbiornika zdalnego sterowania musi niestety zostać napisana od nowa, jeżeli pilot, który chcemy zastosować, pracuje w standardzie innym niż NEC.

Modułowa budowa wzmacniacza D-Amp oraz dostępność kodu źródłowego oprogramowania na pewno skłonią Czytelników do wykonywania różnego rodzaju modyfikacji. Autor ma nadzieję, że zaprezentowane rozwiązania będą inspiracją dla wielu ciekawych pomysłów i realizacji prostych czy bardziej skomplikowanych systemów audio skrojonych dokładnie na potrzeby użytkownika-konstruktora.

Paweł Hadam, EP
pawel.hadam@ep.com.pl