

Autor składa podziękowania panu Mateuszowi Świdowiczowi z firmy Zakład Elektroniczny „Foster” za nieocenioną pomoc w projektowaniu obudowy i dostarczeniu profesjonalnie wykonanego prototypu. Osoby zainteresowane nabyciem kompletnego zestawu elementów obudowy zapraszam do kontaktu mailowego pod adresem zmfoster@foster-pleszew.com.pl. Ponadto, autor składa również podziękowania panu Wojciechowi Sikorze z firmy Ornament Studio za wykonanie i dostarczenie ozdobnego, aluminiowego panelu czołowego urządzenia. Osoby zainteresowane nabyciem takiego elementu zapraszam do kontaktu mailowego pod adresem ornamentstudio@wp.pl.



SAR – amplituner stereofoniczny (1)

Projekt amplitunera chodził za mną od dłuższego czasu, ale zawsze było coś ważniejszego do zrobienia, więc musiał nabrać mocy urzędowej. Nie bez znaczenia był w tym wypadku fakt, że z założenia chciałem przygotować rozwiązanie kompleksowe, funkcjonalne i estetyczne, a to wymaga znacznie więcej czasu i wysiłku.

Rekomendacje: samodzielnie wykonany amplituner może przydać się w roli centralnego komponentu zestawu muzycznego, wokół którego można zgromadzić inne elementy (odtwarzacz CD, przetwornik D/A itp.).

Istotny wpływ na efekt końcowy ma estetyczna, trwała obudowa. W związku z tym, że jej samodzielne wykonanie jest poza zasięgiem większości majsterkowiczów, ponieważ wymaga posiadania specjalistycznych narzędzi, musiałem znaleźć sprawdzoną firmę, która gwarantowałaby wykonanie niedrogiej, lecz solidnej i estetycznej obudowy, aby gotowe urządzenie nie ustępowało pod względem wyglądu rozwiązaniom znanym z półek sklepowych. Stosowny kontakt pozyskałem znacznie wcześniej, bo projektując programowalny zasilacz powerBank, tak wtedy, jak i teraz zwróciłem się do firmy „Foster” o pomoc w realizacji tego zadania, a dzięki współpracy z panem Mateuszem Świdowiczem powstał projekt amplitunera

stereofonicznego, który nazwałem SAR – Stereo Audio Receiver. Ponadto, jako że moja wiedza w zakresie projektowania urządzeń audio jest podstawowa, tę część implementacji powierzyłem swojemu długoletniemu koledze Markowi Kępińskiemu, który, zjadł zęby na naprawach i aplikacjach estradowego sprzętu muzycznego. Pierwszym wyzwaniem, z którym musiałem się zmierzyć, był dobór odpowiednich podzespołów, ponieważ chciałem, aby amplituner charakteryzował się bardzo dobrymi parametrami i funkcjonalnością użytkową.

Biorąc wymagania wymienione w ramce „podstawowe parametry” jako podstawę do prac projektowych, wykonałem ogólny, blokowy schemat urządzenia, który

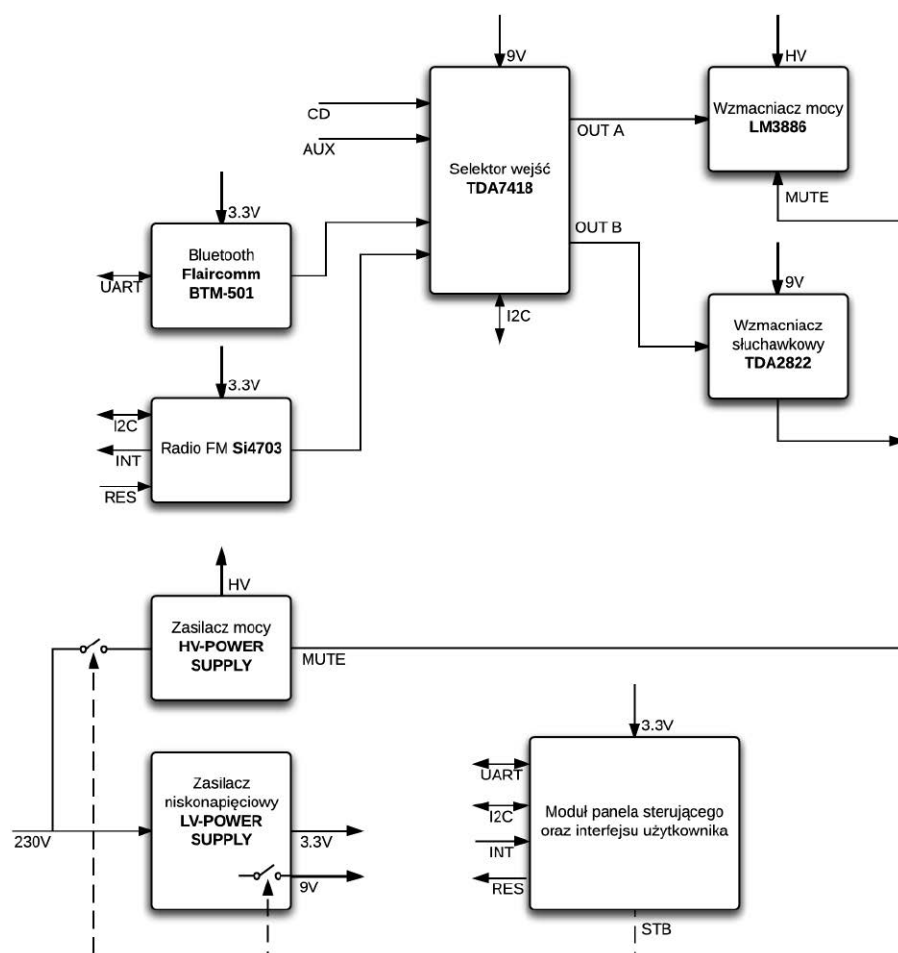
pokazano na **rysunku 1**. Sercem audio amplitunera jest scalony selektor wejść (integrujący również regulator barwy dźwięku) TDA7418, który jest sterowany za pomocą interfejsu I²C. Do dwóch wejść selektora doprowadzono sygnały z wejść CD oraz AUX. Do kolejnych dołączono wyjścia modułu Bluetooth i scalonego odbiornika FM. Wspomniany moduł Bluetooth to rozwiązanie dostarczane przez firmę Flaircomm, który jest kontrolowany za pomocą komend AT odbieranych przez UART. Moduł ten zapewnia transmisję bezprzewodową dźwięku o wysokiej jakości.

Muszę w tym momencie zaznaczyć, że znalezienie niedrogiego modułu Bluetooth wspierającego profil A2DP i zapewniającego wysoką jakość dźwięku wcale nie było zadaniem łatwym, bo o ile wielu producentów dostarcza tego rodzaju rozwiązania, o tyle sporo z nich albo nie wspiera komend AT, albo ich cena jest zniechęcająca. Co więcej, chciałem, by użyty moduł Bluetooth wspierał technologię aptX, która zapewnia stereofoniczne połączenie bezprzewodowe o jakości Hi-Fi. Wynika to z użytej metody kompresji danych, która nie korzysta z mechanizmu maskowania dźwięków, jak ma to miejsce w przypadku

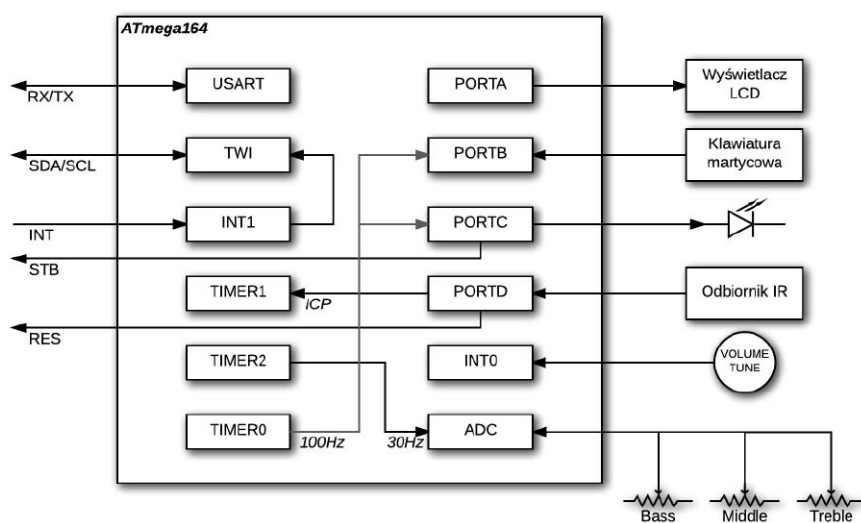
formatu mp3 lub nawet nie korzysta w ogóle z jakiegokolwiek kompresji dźwięku, wykorzystując kodek aptX Lossless (aptX-HD), który zapewnia pasmo przenoszenia większe od 20 kHz i dynamikę 120 dB.

Wracając do tematu, do ostatniego z wejść układu TDA7418 dołączono scalony odbiornik FM firmy Silicon Laboratories (Si4703), który zawiera tuner radiowy sterowany przy użyciu interfejsu I²C. Dwa niezależne wyjścia układu TDA7418 przyłączono do wejść doskonałych, scalonych końcówek mocy LM3886 i do wejścia scalonego

wzmacniacza słuchawkowego TDA2822. Warto również podkreślić, że z uwagi na wymóg dostępności trybu obniżonego poboru mocy (czuwania) gruntownego przemyślenia wymagała implementacja układu zasilania. W projekcie urządzenia wyodrębniono dwa funkcjonalne moduły zasilania: wysokonapięciowy mocy (HV-POWER SUPPLY) zbudowany z użyciem transformatora toroidalnego o dużej mocy, przeznaczony do zasilania wzmacniacza audio i wyłączany w trybie czuwania oraz niskonapięciowy (LV-POWER



Rysunek 1. Schemat blokowy amplitunera SAR



Rysunek 2. Uproszczony schemat blokowy panelu sterującego amplitunera SAR

DODATKOWE MATERIAŁY DO POBRANIA ZE STRONY:

www.media.avt.pl

W ofercie AVT*

AVT-5617 SAR

Podstawowe informacje:

- Wysokiej jakości tuner FM z obsługą komunikatów systemu RDS.
- Moduł Bluetooth obsługujący profil A2DP i kodek aptX zapewniający dźwięk klasy Hi-Fi.
- Obsługa dodatkowych wejść CD i AUX.
- 3-pasmowa regulacja barwy dźwięku.
- Wbudowany wzmacniacz słuchawkowy z niezależną regulacją głośności.
- Wzmacniacz mocy Hi-Fi, ok. 20 W/kanal.
- Obsługa pilota zdalnego sterowania.
- Obsługa trybu czuwania urządzenia (standby).
- Atrakcyjny, graficzny interfejs użytkownika.
- Podświetlana klawiatura na panelu sterującym.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

- | | |
|-------------|--|
| AVT-1973 | Miniaturowy, stereofoniczny wzmacniacz mocy (EP 10/2017) |
| AVT-5602 | Stereofoniczny wzmacniacz klasy D o mocy 2×50 W (EP 8/2017) |
| AVT-5547 | 4-kanalowy wzmacniacz mocy audio (EP 10/2016) |
| AVT-1934 | Miniaturowy wzmacniacz mocy 2×1 W/8 Ω (EP 9/2016) |
| AVT-1923 | Końcówka o mocy 2×60...100 W (EP 8/2016) |
| AVT-5540 | Radioodbiornik dla każdego (EP 5/2016) |
| AVT-5528 | Wzmacniacz audio klasy D o mocy do 2×50 W (EP 2/2016) |
| AVT-1843 | Pamp_TDA7388 Wzmacniacz mocy audio 4×20 W/4 Ω (EP 2/2015) |
| AVT-1833 | Pamp_LM4766 – wzmacniacz mocy audio 2×20 W/8 Ω (EP 12/2014) |
| Projekt 213 | Cyfrowy tuner stereofoniczny (EP 1–2/2014) |
| AVT-5416 | DAMP – wzmacniacz klasy D o mocy 10 W (EP 9/2013) |
| AVT-1758 | Wzmacniacz z układem TPA3110 (EP 8/2013) |
| AVT-1746 | Wzmacniacz o mocy 20 W z układem LM1875 (EP 7/2013) |
| Projekt 209 | Amplituner kina domowego AMPT-008 (EP 5, 7, 9/2013) |
| AVT-1712 | Miniaturowy, stereofoniczny wzmacniacz mocy 2×3 W (EP 10/2012) |
| AVT-5345 | Wzmacniacz audio o mocy 2×300 W (EP 5/2012) |
| AVT-5338 | Moduł wzmacniacza klasy D (EP 4/2012) |
| AVT-1629 | Wzmacniacz o mocy 4×12 W z układem TDA7385 (EP 8/2011) |

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętności lutownicza!
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KiTem (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w docelową płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
■ wersja [C] zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
■ wersja [A] płytką drukowaną bez elementów i dokumentacja
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:
■ wersja [A•] płytką drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
■ wersja [UK] zaprogramowany układ
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://shlep.avt.pl>

SUPPLY) zapewniający zasilanie pozostałych elementów składowych urządzenia, dostarczający napięcie 3,3 V i 9V. Napięcie 9 V również jest wyłączane w trybie obniżonego poboru mocy, ponieważ zasilą odbiorniki o dość znacznym poborze prądu, tj. selektor i wzmacniacz słuchawkowy. Dodatkowo, przewidziano specjalny obwód MUTE zbudowany w obrębie zasilacza wysokonapięciowego, którego zadaniem jest wyciszenie końcówek mocy podczas załączania/wyłączania amplitunera. Co więcej, obwód MUTE jest aktywowany także przez gniazdo słuchawkowe zamontowane na panelu przednim urządzenia.

Pracą całego urządzenia steruje odrębny moduł panelu sterującego, jednocześnie będący bazowym elementem konstrukcyjnym płyty czołowej, którego sercem jest mikrokontroler ATmega164P. Uproszczony schemat blokowy panelu sterującego zamieszczono na **rysunku 2**. Wykorzystano większość peryferii, jakimi dysponuje zastosowany mikrokontroler, przy czym ich szczegółowe użycie przedstawia się następująco:

PORTA wykorzystano do programowej implementacji interfejsu SPI niezbędnego z punktu widzenia sterowania pracą graficznego wyświetlacza LCD o rozdzielczości 128×64 piksele, wyposażonego w popularny sterownik ekranu zgodny z układem ST7565 firmy Sitronix.

PORTB wykorzystano do programowej obsługi klawiatury matrycowej stanowiącej element interfejsu użytkownika, przy czym, co ważne, wspomniana obsługa eliminuje zjawisko drgania styków oraz dodatkowo zapewnia obsługę krótkiego i długiego przyciśnięcia każdego z przycisków, angażując do tego celu licznik Timer0 mikrokontrolera i jego przerwanie wywołwane co 10 ms.

PORTC wykorzystano, jak poprzednio, do programowej obsługi podświetlenia przycisków klawiatury matrycowej stanowiącej element interfejsu użytkownika, wykorzystując to samo przerwanie licznika Timer0, jak i mechanizm programowej generacji przebiegów PWM (w celu regulacji jasności podświetlenia wybranego przycisku) oraz do obsługi sygnału STBY przełączającego amplituner w tryb niskiego poboru mocy.

PORTD wykorzystano, po pierwsze, do obsługi enkodera obrotowego VOLUME/TUNE służącego do regulacji głośności oraz obsługi strojenia radioodbiornika FM (współ z przerywaniem zewnętrznym INT0 inicjowanym opadającym zboczem na wejściu INT0 mikrokontrolera), zaś po drugie, do obsługi odbiornika podczerwieni TSOP34838, który dzięki wykorzystaniu przerywania od przechwytywania zawartości licznika Timer1 (ICP1) wyzwalanego zmianą stanu na pinie ICP1

mikrokontrolera realizuje obsługę pilota podczerwieni standardu RC5.

Przetwornik A/C, wyzwalany 30 razy na sekundę (czyli 10 razy na potencjometr; z przerwaniami licznika Timer2), służy do pomiaru ustawień potencjometrów odpowiedzialnych za regulację barwy dźwięku BASS/MIDDLE/TREBLE i stosowną reakcję (wysłanie danych do układu TDA7418) wykorzystująca interfejs I²C.

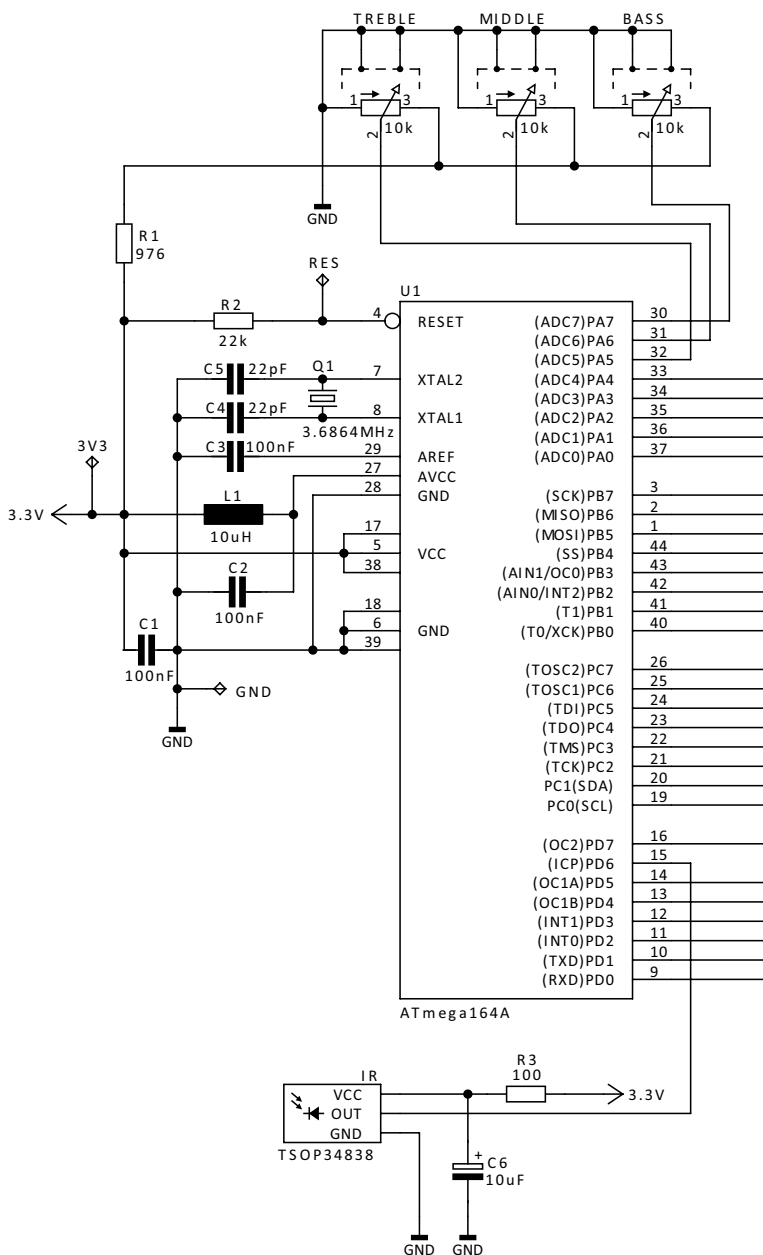
Przerwanie zewnętrzne INT1 inicjowane opadającym zboczem na wejściu PD3 jest odpowiedzialne za obsługę (z użyciem magistrali I²C) komunikatów wysyłanych przez układ scalony radioodbiornika Si4703, w tym komunikatów dotyczących strojenia układu czy informacji systemu RDS.

Interfejs USART mikrokontrolera (prędkość 115 kbps) i stosowne przerwania (TX/RX), dzięki nim zrealizowano obsługę

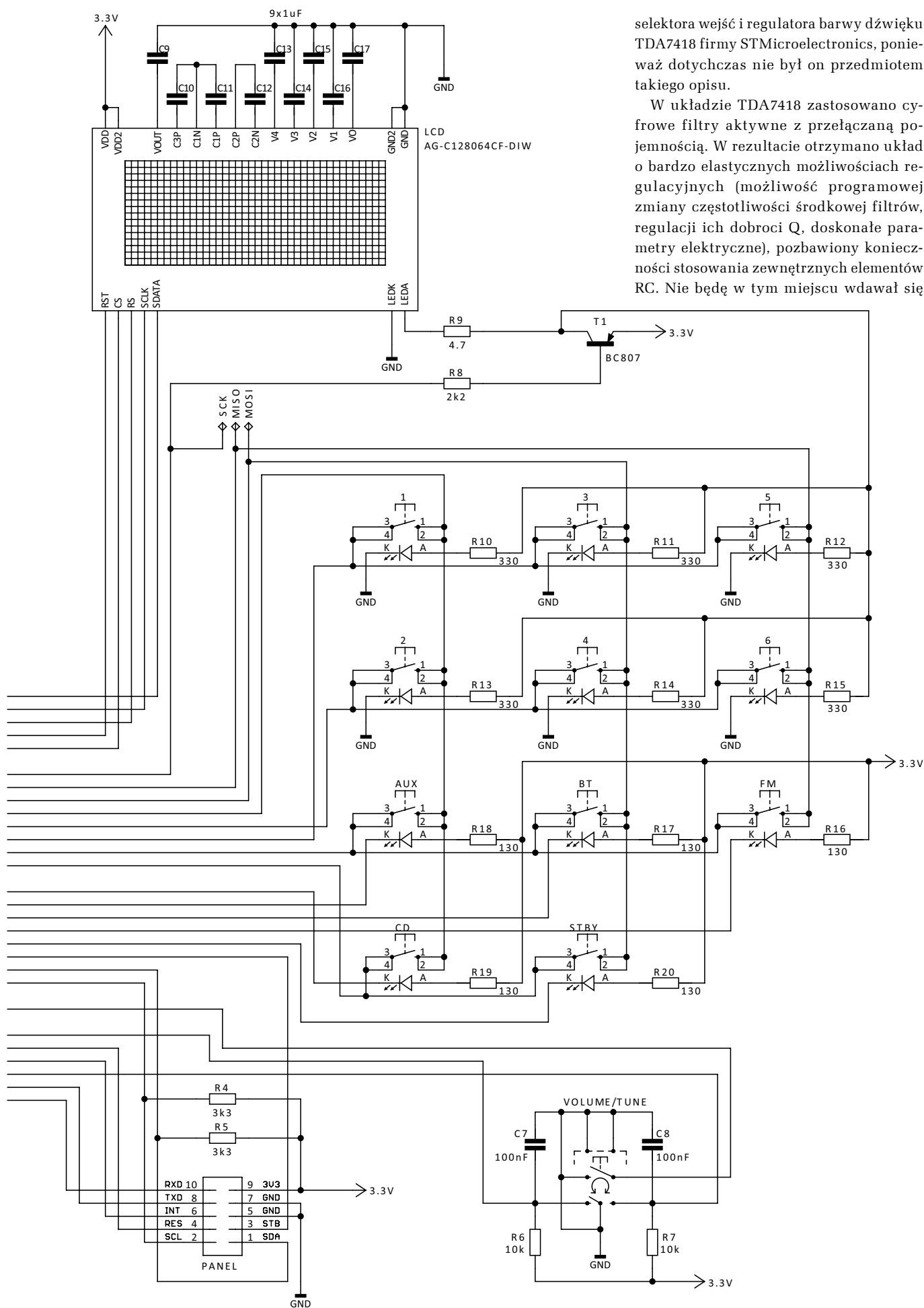
komend AT modułu Bluetooth, czyli de facto, obsługę sprzęgu Bluetooth.

Panel sterujący

Schemat ideowy panelu sterującego pokazano na **rysunku 3**. Jest to nieskomplikowany system z mikrokontrolerem ATmega164P taktowany zewnętrznym rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 3,6864 MHz dla zapewnienia dokładności i stabilności transmisji USART. Z uwagi na fakt, że we wcześniejszych swoich projektach wykorzystywałem zastosowany w amplitunerze wyświetlacz LCD (projekt „powerBank”) czy scalony odbiornik FM Si4703 (projekty „pocketRadio” i „Radio”), nie będę wdawał się w szczegóły implementacji programowej tych podzespołów, a skupię się wyłącznie na przedstawieniu podstawowych funkcji obsługi scalonego

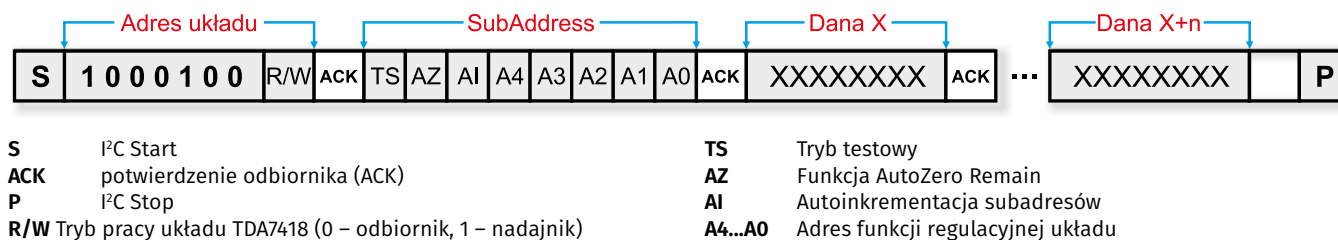


Rysunek 3. Schemat ideowy panelu sterującego amplitunera SAR



selektora wejść i regulatora barwy dźwięku TDA7418 firmy STMicroelectronics, ponieważ dotychczas nie był on przedmiotem takiego opisu.

W układzie TDA7418 zastosowano cyfrowe filtry aktywne z przełączaną pojemnością. W rezultacie otrzymano układ o bardzo elastycznych możliwościach regulacyjnych (możliwość programowej zmiany częstotliwości środkowej filtrów, regulacji ich dobroci Q, doskonałe parametry elektryczne), pozbawiony konieczności stosowania zewnętrznych elementów RC. Nie będę w tym miejscu wdawał się


Rysunek 4. Specyfikacja ramki danych układu TDA7418

w szczegółowy opis funkcjonalności układu, ponieważ wykroczyłby on poza ramy artykułu. Skupię się na implementacji programowej w języku C. Komunikacja z układem procesora audio odbywa się za pośrednictwem interfejsu I²C, przy czym maksymalna prędkość transmisji nie może przekraczać 500 kbit/s. Wygląd ramki danych z opisem znaczenia poszczególnych bitów pokazano na **rysunku 4**. W celu identyfikacji parametru poddawanego regulacji wprowadzono dodatkowy bajt nazwany „Subaddress”, po którym następuje transmisja właściwej wartości dla wybranej funkcji. Jak w wielu układach sterowanych przez I²C, istnieje możliwość włączenia autoinkrementacji bajtu „Subaddress” i wysłania wielu następujących po sobie bajtów danych dla kolejnych funkcji, począwszy od funkcji o numerze wysłanym przy pierwszym podaniu parametru „Subaddress”. Listę możliwych wartości parametru „Subaddress” z opisem realizowanych przez nie funkcji umieszczono w **tabeli 1**. Dla każdej z funkcji przesyłane dane mają inne znaczenie, ale podanie wszystkich tabel wykraczałoby poza zakres artykułu i nie ma sensu, ponieważ dokumentacja producenta jest w tej kwestii bardzo przejrzysta.

Pora na przedstawienie implementacji programowej. Jak zwykle zacząłem od pokazania pliku nagłówkowego, który zawsze staram się pisać w taki sposób, by do minimum ograniczyć konieczność sięgania do dokumentacji sterowanego układu. Zawartość pliku nagłówkowego biblioteki funkcji obsługi układu TDA7418 zamieszczono na **listingu 1**. Wprowadzono nowy typ strukturalny *TDA7418config* oraz stosowną zmienną globalną *TDA7418*, która przechowuje najważniejsze i interesujące nas ustawienia procesora TDA7418. Pora na podstawową funkcję inicjalizacyjną, którą pokazano na **listingu 2**. Dalej, na **listingu 3...5** pokazano podstawowe funkcje służące do: wyboru aktywnego wejścia selektora wejściowego układu TDA7418, regulacji tonów i regulacji głośności (dla wyjść A i B procesora).

Płyta główna

Schematu ideowy płyty głównej amplitunera SAR pokazano na **rysunku 5**. Centralnym elementem płyty głównej (części analogowej) amplitunera jest układ TDA7418 będący zaawansowanym procesorem audio pozwalającym na przełączanie wejść, regulację głośności, regulację barwy (trójpasmową), przełączanie wyjść

(pomiędzy końcówkami mocy i wzmacniaczem słuchawkowym) i wyciszanie toru audio. Do układu są doprowadzone wszystkie analogowe sygnały wejściowe: z modułu Bluetooth, z tunera radiowego Si4703 oraz z wejść zewnętrznych AUX i CD. W zależności od decyzji użytkownika wybrany sygnał po odpowiednich modyfikacjach barwy i wzmacnienia jest przesyłany do toru wyjściowego – wzmacniacz mocy lub wzmacniacza słuchawkowego.

Szczegółowe omówienie części analogowej rozpocznę od zasilacza, a w zasadzie zasilaczy, ponieważ jest ich kilka. Początkowo, po włączeniu urządzenia jest ono wprowadzane w tryb STANDBY, w którym jest uruchomiony wyłącznie zasilacz dostarczający napięcie 3,3 V przeznaczone dla układów cyfrowych. Pozostałe napięcia są włączane dopiero po właściwym uruchomieniu wzmacniacza (dla oszczędności zużycia energii). Sygnał STB z procesora powoduje włączenie (poprzez tranzystor T3) zasilacza dostarczającego napięcie 9 V do zasilania układów procesora audio (TDA7418), wzmacniacza słuchawkowego i wzmacniacza sygnału z modułu Bluetooth. Podobnie, sygnał STB (poprzez tranzystor T1) powoduje z kolei dostarczenie napięcia sieciowego do transformatora toroidalnego w celu zasilenia

Tabela 1. Lista możliwych wartości parametru „Subaddress” wraz z opisem realizowanych funkcji

MSB							LSB	Funkcja
TS	AZ	AI	A4	A3	A2	A1	A0	
0/1								Tryb testu (0 – wyłączony, 1 – włączony)
	0/1							Funkcja AutoZero Remain (0 – wyłączona, 1 – włączona)
		0/1						Autoinkrementacja (0 – wyłączona, 1 – włączona)
			0	0	0	0	0	Wybór aktywnego wejścia multiplexera
			0	0	0	0	1	Ustawienia filtra Loudness
			0	0	0	1	0	Głośność dla regulatora międzystopniowego (w tym Soft Step)
			0	0	0	1	1	Tony wysokie (w tym częstotliwość środkowa)
			0	0	1	0	0	Tony średnie (w tym dobroć filtru)
			0	0	1	0	1	Tony niskie (w tym dobroć filtru i Bass Soft Step)
			0	0	1	1	0	Wybór częstotliwości środkowej dla filtra tonów średnich i niskich
			0	0	1	1	1	Wzmocnienie dla kanału wyjściowego LF (w tym Soft Step)
			0	1	0	0	0	Wzmocnienie dla kanału wyjściowego LR (w tym Soft Step)
			0	1	0	0	1	Wzmocnienie dla kanału wyjściowego RR (w tym Soft Step)
			0	1	0	1	0	Wzmocnienie dla kanału wyjściowego RF (w tym Soft Step)
			0	1	0	1	1	Wzmocnienie dla subwoofera
			0	1	1	0	0	Ustawienia funkcji Soft Mute i Soft Step (w tym AutoZero)
			0	1	1	0	1	Tryb testowy

Listing 1. Zawartość pliku nagłówkowego do obsługi układu TDA7418

```
typedef struct
{
    volatile uint8_t Input; //0...3 -> PD/SE4, SE1...SE3
    volatile uint8_t frontVolume; //0...79 -> -79dB...0dB
    volatile uint8_t rearVolume; //0...79 -> -79dB...0dB
    volatile uint8_t Bass; //0...30 -> -15dB...+15dB
    volatile uint8_t Middle; //0...30 -> -15dB...+15dB
    volatile uint8_t Treble; //0...30 -> -15dB...+15dB
} TDA7418config;

extern TDA7418config TDA7418; //Zmienna przechowująca interesujące nas parametry TDA7418

#define TDA7418_WR_ADDR 0x88
#define TDA7418_RD_ADDR 0x89
//Option
#define TEST_MODE_OFF (0<<7)
#define TEST_MODE_ON (1<<7)
#define AUTO_ZERO_REMAIN_OFF (0<<6)
#define AUTO_ZERO_REMAIN_ON (1<<6)
#define AUTO_INCR_MODE_OFF (0<<5)
#define AUTO_INCR_MODE_ON (1<<5)
//Registers and options
#define REG_SOURCE_SELECTOR 0x00
    #define SOURCE_SE4 0x00
    #define SOURCE_SE1 0x01
    #define SOURCE_SE2 0x02
    #define SOURCE_SE3 0x03
    #define SINGLE_ENDED (0<<7)
    #define DIFFERENTIAL_STEREO (1<<7)
/**/
#define REG_LOUDNESS 0x01
    #define CENTER_FREQ_FLAT (0<<4)
    #define CENTER_FREQ_400HZ (1<<4)
    #define CENTER_FREQ_800HZ (2<<4)
    #define CENTER_FREQ_2400HZ (3<<4)
    #define LOW_BOOST (0<<6)
    #define LOW_HIGH_BOOST (1<<6)
    #define LOUDNESS_SOFT_STEP_ON (0<<7)
    #define LOUDNESS_SOFT_STEP_OFF (1<<7)
/**/
#define REG_VOLUME 0x02
    #define VOLUME_SOFT_STEP_ON (0<<7)
    #define VOLUME_SOFT_STEP_OFF (1<<7)
/**/
#define REG_TREBLE 0x03
    #define TREBLE_CENTER_FREQ_10KHZ (4<<5)
    #define TREBLE_CENTER_FREQ_12_5KHZ (5<<5)
    #define TREBLE_CENTER_FREQ_15KHZ (6<<5)
    #define TREBLE_CENTER_FREQ_17_5KHZ (7<<5)
/**/
#define REG_MIDDLE 0x04
    #define MID_Q_FACT_0_5 (0<<5)
    #define MID_Q_FACT_0_75 (1<<5)
    #define MID_Q_FACT_1 (2<<5)
    #define MID_Q_FACT_1_25 (3<<5)
    #define MID_SOFT_STEP_ON (0<<7)
    #define MID_SOFT_STEP_OFF (1<<7)
/**/
#define REG_BASS 0x05
    #define BASS_Q_FACT_1 (0<<5)
    #define BASS_Q_FACT_1_25 (1<<5)
    #define BASS_Q_FACT_1_5 (2<<5)
    #define BASS_Q_FACT_2 (3<<5)
    #define BASS_SOFT_STEP_ON (0<<7)
    #define BASS_SOFT_STEP_OFF (1<<7)
/**/
#define REG_MID_BAS_CF 0x06
    #define MID_CENTER_FREQ_500HZ (0<<0)
    #define MID_CENTER_FREQ_1KHZ (1<<0)
    #define MID_CENTER_FREQ_1_5KHZ (2<<0)
    #define MID_CENTER_FREQ_2_5KHZ (3<<0)
    #define BASS_CENTER_FREQ_60HZ (0<<2)
    #define BASS_CENTER_FREQ_80HZ (1<<2)
    #define BASS_CENTER_FREQ_100HZ (2<<2)
    #define BASS_CENTER_FREQ_200HZ (3<<2)
    #define BASS_DC_MODE_OFF (0<<4)
    #define BASS_DC_MODE_ON (1<<4)
    #define SMOOTHING_FILTER_OFF (0<<5)
    #define SMOOTHING_FILTER_ON (1<<5)
/**/
#define REG_SPK_ATT_FL 0x07
#define REG_SPK_ATT_RL 0x08
#define REG_SPK_ATT_RR 0x09
#define REG_SPK_ATT_FR 0x0A
#define REG_SUBB_ATT 0x0B
    #define SPEAKER_MUTED 0x06
/**/
#define REG_SOFT_MUTE 0x0C
    #define SOFT_MUTE_ON (0<<0)
    #define SOFT_MUTE_OFF (1<<0)
    #define SOFT_MUTE_TIME_48MS (0<<1)
    #define SOFT_MUTE_TIME_96MS (1<<1)
    #define SOFT_MUTE_TIME_123MS (2<<1)
    #define SOFT_STEP_TIME_0_16MS (0<<3)
    #define SOFT_STEP_TIME_0_32MS (1<<3)
    #define SOFT_STEP_TIME_0_64MS (2<<3)
    #define SOFT_STEP_TIME_1_28MS (3<<3)
    #define SOFT_STEP_TIME_2_56MS (4<<3)
    #define SOFT_STEP_TIME_5_12MS (5<<3)
    #define SOFT_STEP_TIME_10_24MS (6<<3)
    #define SOFT_STEP_TIME_20_48MS (7<<3)
    #define AUTO_ZERO_OFF (0<<6)
    #define AUTO_ZERO_ON (1<<6)
/**/
#define REG_TEST 0x0D
```

od napięcia PH_SW uzyskanego z gniazda słuchawkowego.

Przejdźmy teraz do układów wejściowych. Sygnał z modułu Bluetooth jest doprowadzony do procesora audio poprzez wzmacniacz napięciowy (o wzmocnieniu 2) składający się z układu U6. Dodatkowy układ

Listing 2. Funkcja inicjalizacji układu TDA7418

```
void TDA7418init(void)
{
    //Konfigurujemy układ TDA7418, wpisując wartości do kolejnych rejestrów w trybie autoinkrementacji
    TWIstart();
    TWIwriteByte(TDA7418_WR_ADDR);
    TWIwriteByte(REG_SOURCE_SELECTOR|AUTO_INCR_MODE_ON);
    //Input Gain zależny od wejścia, Single Ended Stereo
    switch(TDA7418.Input)
    {
        case INPUT_FM: TWIwriteByte(TDA7418.Input|6<<3); break; //6 dB
        case INPUT_BT: TWIwriteByte(TDA7418.Input|8<<3); break; //8 dB
        default: TWIwriteByte(TDA7418.Input); //0 dB
    }
    TWIwriteByte(CENTER_FREQ_FLAT|LOW_BOOST|LOUDNESS_SOFT_STEP_ON); //Loudness: Attenuation = 0dB, Flat, Low Boost, Soft Step=On
    TWIwriteByte(0x00); //Master Volume: Attenuation = 0dB, Soft Step=On
    TWIwriteByte((TDA7418.Treble>15? 46-TDA7418.Treble:TDA7418.Treble)|TREBLE_CENTER_FREQ_12_5KHZ); //Treble
    TWIwriteByte((TDA7418.Middle>15? 46-TDA7418.Middle:TDA7418.Middle)|MID_Q_FACT_1); //Middle
    TWIwriteByte((TDA7418.Bass>15? 46-TDA7418.Bass:TDA7418.Bass)|BASS_Q_FACT_1); //Bass
    TWIwriteByte(BASS_CENTER_FREQ_80HZ|MID_CENTER_FREQ_1_5KHZ|SMOOTHING_FILTER_ON);
    TWIwriteByte(95-TDA7418.frontVolume); //Front Left Attenuation, Soft Step=On
    TWIwriteByte(95-TDA7418.rearVolume); //Rear Left Attenuation, Soft Step=On
    TWIwriteByte(95-TDA7418.rearVolume); //Rear Right Attenuation, Soft Step=On
    TWIwriteByte(95-TDA7418.frontVolume); //Front Right Attenuation, Soft Step=On
    TWIwriteByte(SPEAKER_MUTED); //Subwoofer Attenuation = Mute, Soft Step=On
    TWIwriteByte(SOFT_MUTE_OFF|SOFT_MUTE_TIME_48MS|SOFT_STEP_TIME_1_28MS|AUTO_ZERO_ON);
    TWIwriteByte(0x00); //Audio Processor Testing Mode=Off
    TWIstop();
}
```

Listing 3. Funkcja odpowiedzialna za wybór aktywnego wejścia selektora wejściowego układu TDA7418

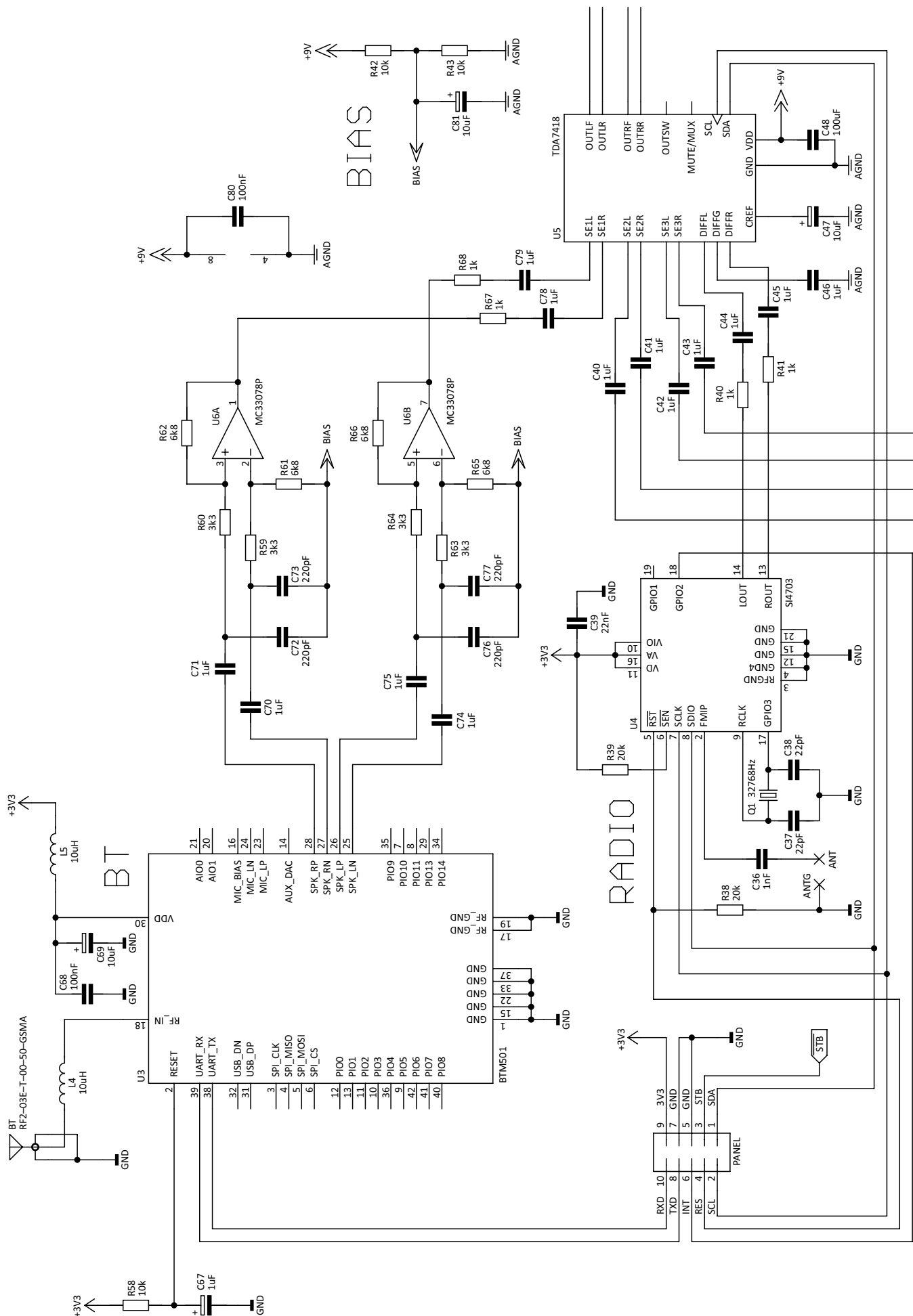
```
void TDA7418setInput(void)
{
    TWIstart();
    TWIwriteByte(TDA7418_WR_ADDR);
    TWIwriteByte(REG_SOURCE_SELECTOR|AUTO_ZERO_REMAIN_OFF);
    //Input Gain zależny od wejścia, Single Ended Stereo
    switch(TDA7418.Input)
    {
        case INPUT_FM: TWIwriteByte(TDA7418.Input|6<<3); break; //6 dB
        case INPUT_BT: TWIwriteByte(TDA7418.Input|8<<3); break; //8 dB
        default: TWIwriteByte(TDA7418.Input); //0 dB
    }
    TWIstop();
}
```

Listing 4. Funkcja odpowiedzialna za regulację tonów układu TDA7418

```
void TDA7418setTone(uint8_t toneReg)
{
    TWIstart();
    TWIwriteByte(TDA7418_WR_ADDR);
    TWIwriteByte(toneReg|AUTO_ZERO_REMAIN_ON);
    switch(toneReg)
    {
        case REG_TREBLE: TWIwriteByte((TDA7418.Treble>15? 46-TDA7418.Treble:TDA7418.Treble)|TREBLE_CENTER_FREQ_12_5KHZ); break;
        case REG_MIDDLE: TWIwriteByte((TDA7418.Middle>15? 46-TDA7418.Middle:TDA7418.Middle)|MID_Q_FACT_1); break;
        case REG_BASS: TWIwriteByte((TDA7418.Bass>15? 46-TDA7418.Bass:TDA7418.Bass)|BASS_Q_FACT_1); break;
    }
    TWIstop();
}
```

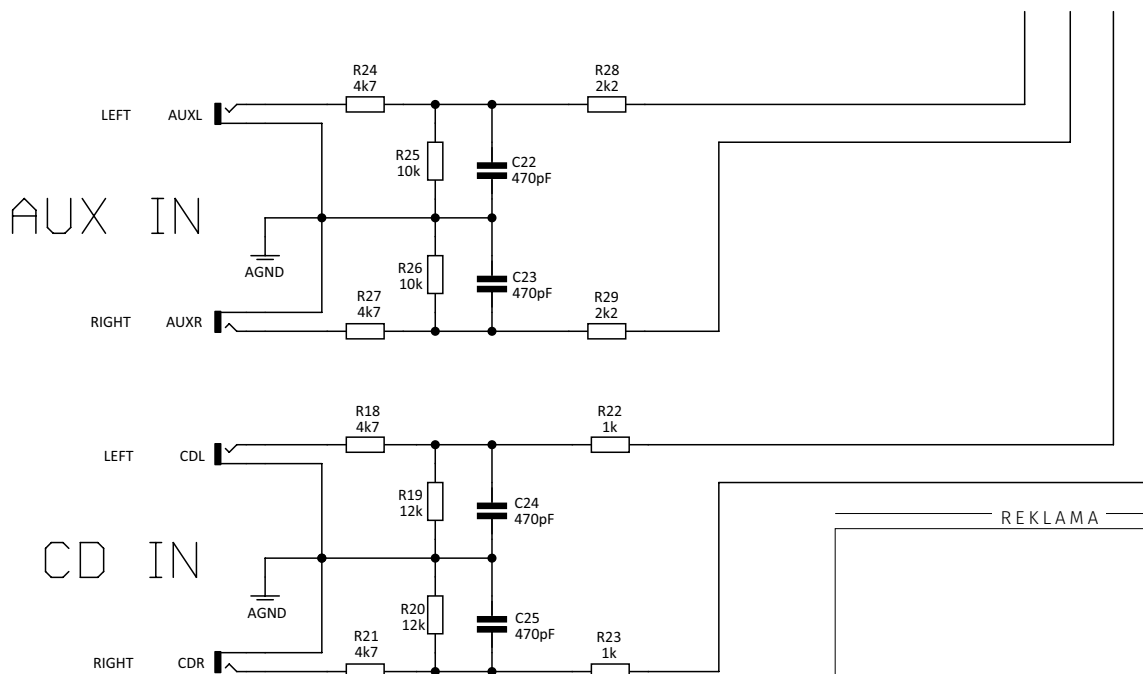
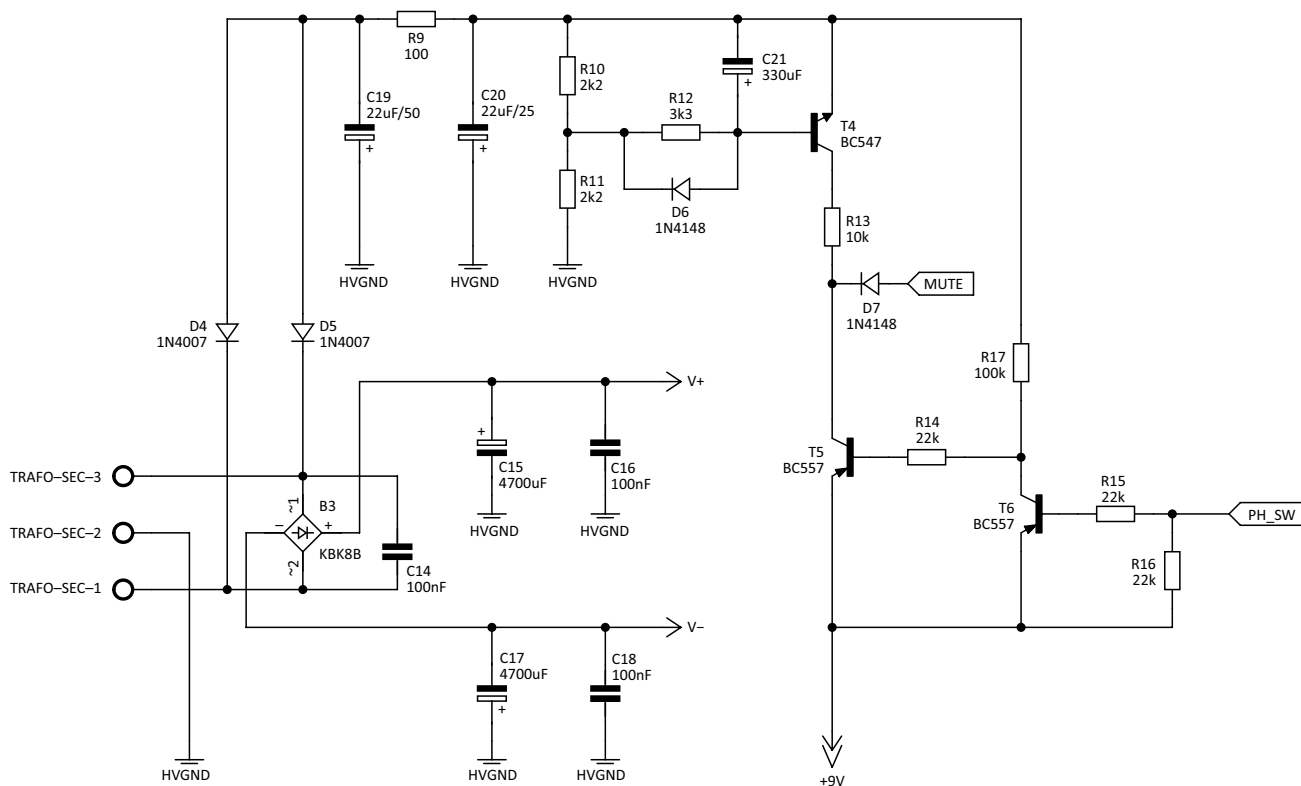
końcówek mocy. Elementem układu zasilania dużej mocy jest również układ wyciszania końcówek mocy w momencie włączania i wyłączania wzmacniacza (dla przeciwdziałania powstawaniu trzasków w głośnikach) oraz w przypadku użycia wzmacniacza słuchawkowego (włożenie wtyku słuchawkowego do gniazda HEADPHONES powoduje wyciszenie wzmacniaczy mocy). Układ wyciszania działa na zasadzie szybkiego ładowania i rozładowania kondensatora C14 przy włączeniu i wyłączeniu urządzenia. Tranzystor T4 funkcjonuje wtedy jako klucz podający napięcie odblokowujące końcówki mocy. Funkcjonalność ta uzależniona jest również

REKLAMA



Rysunek 5. Schemat ideowy płyty głównej amplitunera SAR

HV POWER SUPPLY & MUTE

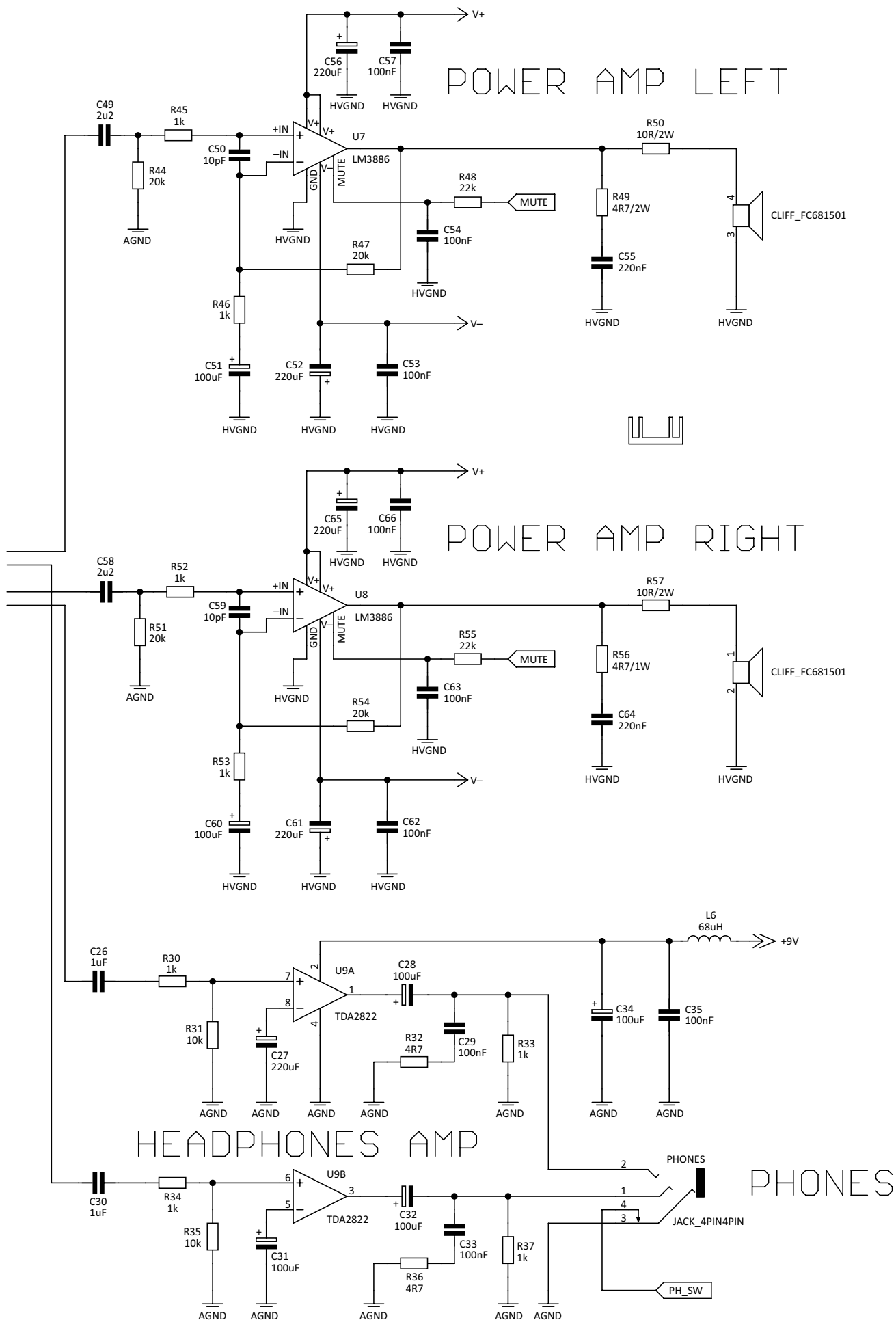


Rysunek 5. cd.

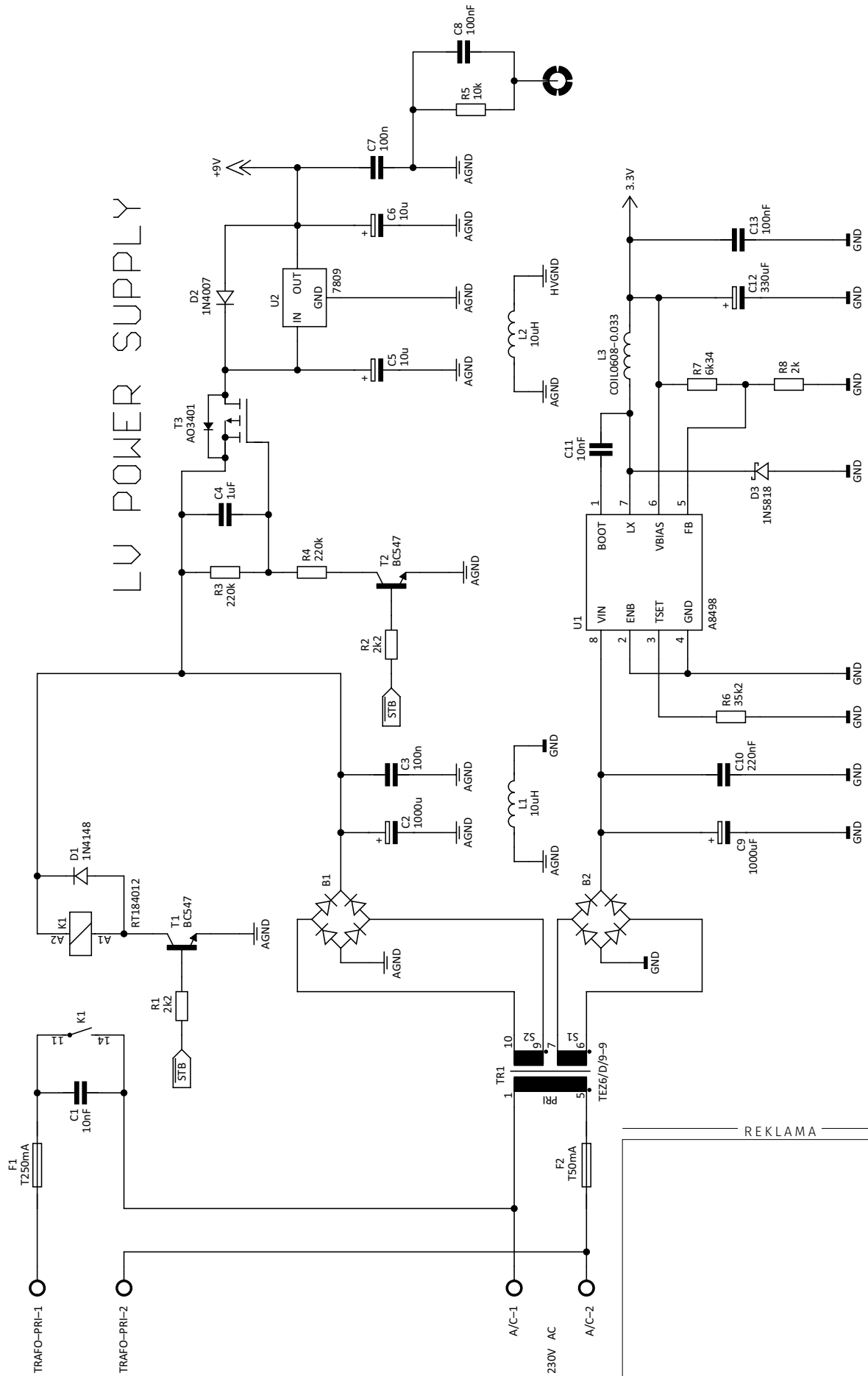
```

Listing 5. Funkcja odpowiedzialna za regulację głośności układu TDA7418
void TDA7418setVolume(void)
{
    TWIstart();
    TWIwriteByte(TDA7418_WR_ADDR);
    TWIwriteByte(REG_SPK_ATT_FL|AUTO_INCR_MODE_ON|AUTO_ZERO_REMAIN_ON);
    TWIwriteByte(95-TDA7418.frontVolume); //Front Left Attenuation, Soft Step=On
    TWIwriteByte(95-TDA7418.rearVolume); //Rear Left Attenuation, Soft Step=On
    TWIwriteByte(95-TDA7418.rearVolume); //Rear Right Attenuation, Soft Step=On
    TWIwriteByte(95-TDA7418.frontVolume); //Front Right Attenuation, Soft Step=On
    TWIstop();
}

```

Rysunek 5. cd.



BIAS składający się z oporników R42, R43 i kondensatora C81 dostarcza pomocnicze napięcie (tzw. masę pozorną) dla wspomnianego układu U6, gdyż jest on zasilany pojedynczym napięciem +9 V. Z kolei sygnał z układu radiowego jest podłączony bezpośrednio do procesora audio. Wykorzystano tu również fakt, że każdy zestaw wejść układu TDA7418 ma możliwość niezależnej regulacji wzmocnienia, co pozwala programowo wyrównać sygnały o różnym poziomie. Wejścia sygnałowe AUX oraz CD są podłączone bezpośrednio do procesora audio z użyciem prostych filtrów zabezpieczających przed dostawianiem się wyższych częstotliwości na wejścia wspomnianego układu. Przechodząc do obwodów

wyjściowych należy zauważyć, że procesor TDA7418 wyposażono w dwie niezależne pary wyjść sygnałowych. Sygnał z pierwszej pary jest przekazywany do końcówek mocy, natomiast sygnał z drugiej pary przekazywany jest do wzmacniacza słuchawkowego.

W tym miejscu chciałem podzielić się z czytelnikami doświadczeniami dotyczącymi projektowania obwodów analogowych, ponieważ uważam je za szczególnie przydatne w praktyce elektronika konstruktora. Aby przyspieszyć projektowanie wspomnianych układów, kilka jego elementów zostało zasymulowanych w programie LTSpice. Jest to jeden z lepszych symulatorów dostępnych na rynku pod względem dokładności uzyskiwanych rezultatów oraz ceny – symulator

jest bezpłatny. Dodatkowym atutem przemawiającym za tym symulatorem jest bardzo duża aktywność grupy użytkowników tego programu na portalu yahoo.com. Ułatwia to uzyskanie wsparcia w razie problemów z symulacjami. Jak zobaczycie, czasami symulacja pozwala podjąć konkretne decyzje, co do projektowanego układu, zanim układ zostanie faktycznie zbudowany.

Jeśli chodzi o samo symulowanie układów analogowych, często spotykam się z dwoma skrajnymi opiniami. Jedna grupa rozmówców twierdzi, że symulacje są bezużyteczne, ponieważ są niedokładne, natomiast druga grupa, że są bardzo dokładne i nawet mogą zastąpić testowanie rzeczywistego układu.

Robert Wołgajew, EP

Wykaz elementów:

Płyta główna

Rezystory: (0,125 W, R=5 mm)

R1, R2, R10, R11, R28, R29: 2,2 kΩ

R3, R4: 220 kΩ

R5, R13, R25, R26, R31, R35, R42, R43, R58: 10 kΩ

R6: 35,2 kΩ/1%

R7: 6,34 kΩ/1%

R8: 2 kΩ

R9: 100 Ω

R12, R59, R60, R63, R64: 3,3 kΩ

R14...R16, R48, R55: 22 kΩ

R17: 100 kΩ

R18, R21, R24, R27: 4,7 kΩ

R22, R23, R30, R33, R34, R37, R40, R41, R45, R46, R52, R53, R67, R68: 1 kΩ

R19, R20: 12 kΩ

R32, R36: 4,7 Ω

R38, R39, R47, R54, R44, R51: 20 kΩ

R49, R56: 4,7 Ω/1 W R50, R57: 10 Ω/2 W1

R61, R62, R65, R66: 6,8 kΩ

Kondensatory:

C1: 10 nF/400 V (R=10 mm, polipropylenowy X1)

C2, C9: 1000 μF/25 V (R=5 mm)

C3, C7, C8, C13, C16, C18, C29, C33, C35, C48, C53, C54, C57, C62, C63, C66, C68, C80: 100 nF (R=2,5 mm)

C4, C26, C30, C40...C46, C70, C71, C74, C75, C78, C79: 1 μF (stały, R=2,5 mm)

C5, C6, C47: 10 μF/25 V (R=2,5 mm)

C10, C55, C64: 220 nF (R=2,5 mm)

C11: 10 nF (R=2,5 mm)

C12: 330 μF/10 V (LowESR, R=3,5 mm)

C14: 100 nF/100 V (R=5 mm)

C15, C17: 4700 μF/35 V (LowESR, R=7,5 mm)

C19, C20: 22 μF/50 V (R=2,5 mm)

C21: 330 μF/25 V (R=3,5 mm)

C36: 1 nF (R=2,5 mm)

C22...C25: 470 pF (R=2,5 mm)

C27, C28, C31, C32, C34, C51, C60:

100 μF/10 V (R=2,5 mm)

C37, C38: 22 pF (R=2,5 mm)

C39: 22 nF (R=2,5 mm)

C49, C58: 2,2 μF (MLCC, R=2,5 mm)

C50, C59: 10 pF (R=2,5 mm)

C52, C56, C61, C65: 220 μF/35 V (R=3,5 mm)

C67: 1 μF/10 V (R=2 mm)

C69, C81: 10 μF/10 V (raster 2 mm)

C72, C73, C76, C77: 220 pF (R=2,5 mm)

Półprzewodniki:

U1: A8498 (SOIC08)

U2: 7809 (TO220)

U3: Flaircomm BTM501VQ1C

U4: SI4703 (QFN20)

U5: TDA7418 (SO20)

U6: MC33078 (DIL08)

U7, U8: LM3886 (TO220-11)

U9: TDA2822D (DIL08)

T1, T2, T4: BC547 (TO92)

T3: AO3401 (SOT23)

T5, T6: BC557 (TO92)

D1, D6, D7: 1N4148 (DO35)

D2, D4, D5: 1N4007 (DO41)

D3: 1N5818 (DO41)

B1, B2: mostek prostowniczy 1 A, okrągły (R=5 mm)

B3: mostek prostowniczy KBK8B

Inne:

Q1: rezonator kwarcowy, zegarkowy 32768 Hz

L1, L2: dławik osiowy mocy 10 μH np.

BOURNS 5800-100-RC (R=15 mm)

L3: dławik mocy 33 μH, pionowy typu Ferrocore COIL0608-0.033 (R=3 mm)

L4, L5: dławik osiowy 10 μH (R=7,5 mm)

L6: dławik osiowy 68 μH (R=7,5 mm)

TR1: transformator TEZ6/D/9-9

K1: przełącznik ze stykami 10 A/250 V AC typu SHORI ELECTRIC S4H-12B-1C (cewka 12 V DC) lub podobny (R=3,5 mm)

OUT: gniazdo głośnikowe do druku typu CLIFF FC681508

CD, AUX: gniazdo RCA żeńskie, podwójne, kątowe 90° typu CLIFF PHS-10B lub CC-130

BT: gniazdo SMA żeńskie, kątowe 90° typu ADAMTECH RF2-03E-T-00-50-G

PANEL: gniazdo IDC 2x5 pinów, męskie, typu T821-1-10-S1

PHONES: gniazdo przewód-płytki typu NCDW-04, męskie, 4 pola, R=2,54 mm

F1, F2: gniazdo bezpiecznikowe ZHL78 (R=22,5 mm)

TRAFO_PRI, AC: złącze śrubowe 2 pola, R=5 mm

TRAFO_SEC: złącze śrubowe 3 pola, R=5 mm

1) na rezystorach R50/R57 (średnica 6...8 mm) należy nawinąć dławik w postaci siedmiu zwojów drutu DNE 0,8...1 mm i połączyć równolegle z zaciskami elementu

Panel sterujący

Rezystory: (SMD 0805)

R1: 976 Ω/1%

R2: 22 kΩ

R3: 100 Ω

R4, R5: 3,3 kΩ

R6, R7: 10 kΩ

R8: 2,2 kΩ

R9: 4,7 Ω

R10...R15: 330 Ω

R16...R20: 130 Ω

Kondensatory: (SMD 0805)

C1, C2, C3, C7, C8: 100 nF

C4, C5: 22 pF

C6: 10 μF/16 V (SMD „B”)

C9...C17: 1 μF

Półprzewodniki:

U1: ATmega164-PA (TQFP44)

T1: BC807 (SOT23)

IR: TSOP34838

Inne:

LCD: wyświetlacz graficzny LCD-AG-C-128064CF-DIW W/KK-E6 z modułem podświetlenia LED

L1: dławik 10 μH (SMD 0805)

Q1: rezonator kwarcowy 3,6864 MHz (HC49SM)

BASS, MIDDLE, TREBLE: 10 kΩ potencjometr lin. typu SR PASSIVES R9011-1-10K (oś moletowana długości 20 mm)

VOLUME/TUNE: enkoder ze zintegrowanym przyciskiem typu BOURNS PEC11R-4020K-S0024 (oś moletowana długości 20 mm)

FM, BT, AUX, CD, 1, 2, 3, 4, 5, 6, STBY: mikroprzełącznik podświetlany typu PB6149L-5 (biały)

PANEL: gniazdo IDC 2x5 pinów, męskie, typu T821-1-10-S1

Elementy konstrukcyjne

Radiator A5724 żebrowany 124 mmx35 mm

Gniazdo jack stereo 6,35 mm typu AMPHENOL ACJS-HHDR

Antena zewnętrzna Bluetooth/ZigBee/WLAN, prętowa, 2,4 GHz, złącze SMA męskie, kątowe

Transformator toroidalny 100 VA, 2x17 V typu INDEL TST100/008 lub podobny

Bezpiecznik szklany, zwłoczny 50 mA i 1 A (5 mmx20 mm)

Gniazdo zasilające 230 V AC typu ADAMTECH IEC-C-1

Przełącznik przyciskany typu ONPOW V10Y-11Z-W

Tulejki dystansowe M3, wysokość 10 mm – 12 szt.

Podkładka silikonowa 20x20 mm – 3 szt.

Tulejka izolacyjna TO220 – 2 szt.

Stopka do obudów, fi=14 mm – 4 szt.

Gałka aluminiowa fi=30 mm – 1 szt.

Gałka aluminiowa fi=15 mm – 3 szt.