

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.



# Amplituner do kina domowego AMPL-008 (2)



W maju 2007 r. na łamach EP opublikowano artykuł Tomasza Jabłońskiego pt. „Dekoder Dolby Digital/DTS”. Jego lektura przekonała mnie, że nawet elektronik amator może zbudować urządzenie audio o funkcjonalności wykraczającej typowe urządzenia stereofoniczne. Początkowo chciałem zbudować własny amplituner umożliwiający odbiór programów radiowych w paśmie FM, odtwarzanie muzyki z plików MP3, mający kilka wejść analogowych oraz dwukanałową końcówkę mocy, ale zainspirowany wspomnianym artykułem zacząłem szukać u różnych dostawców układów scalonych możliwości zdobycia scalonego dekodera Dolby Digital/DTS typu STA310, produkowanego przez firmę ST. Jego próbki udało się otrzymać od jednego z dystrybutorów podzespołów.

**Dodatkowe materiały na CD/FTP:**  
<ftp://ep.com.pl>, user: 52617, pass: 30lct328  
 • pierwsza część artykułu

STA310 ma dwa cyfrowe interfejsy wejściowe sygnału audio: I2S\_IN1 i I2S\_IN2. Wejście I2S\_IN1 jest dodatkowo wyposażone w odbiornik SPDIF (nazywany STA120). Dla tego wejścia (I2S\_IN1) można wykorzystać albo wejście liniowe (Line SIN, LRCLKIN, DSTRB), albo SPDIF (format IEC-61937). Wejście SPDIF ma większe możliwości, ponieważ można włączyć automatyczne rozpoznawanie formatu przesyłanych danych (PCM, AC3, DTS, MPEG). Układ STA310 ma wbudowany również nadajnik SPDIF (format IEC-61937, wyjście I958OUT). Drugie wejście I2S\_IN2 jest przewidziane do wykorzystania w systemie karaoke. W chwili pisania tego tekstu nie było jeszcze przeze mnie oprogramowane.

Pierwsze wejście I2S\_IN1 (Line SIN, LRCLKIN, DSTRB) wykorzystuje do odtwarzania dźwięku albo z przetwornika ADC (w układzie WM8770) albo z wyjścia I2S procesora. Do wejścia SPDIF doprowadziłem przez multiplexer cztery wejścia cyfrowe SPDIF, jedno COAXIAL i trzy optyczne.

Dokumentacja techniczna samego układu scalonego zawarta w pliku PDF nie zawiera wystarczająco dużo informacji potrzebnych programiście do sterowania dekoderelem. Wiele dodatkowych informacji znalazłem (dzięki pomocy pana Tomasza Jabłońskiego) w dokumentacji *STA310an.V13\_A.pdf*.

Dekoder STA310 ma dwie pętle synchronizacji fazowej PLL. Wejściowym sygnałem zegara dla obydwu pętli jest zewnętrzne CLK (31). Doprowadziłem do niego sygnał

## Dekoder Dolby Digital STA310

Jednym z najważniejszych elementów mojego amplitunera jest cyfrowy dekodery dźwięku STA310 wytwarzany przez STMicroelectronics. Układ ten umieszczono w kwadratowej obudowie TQFP80 o wymiarach około 14 mm×14 mm. Pełni on rolę dekodera dźwięku zakodowanego cyfrowo. Ma w swej strukturze procesor DSP pozwalający włączyć dodatkową obróbkę zdekodowanego dźwięku – tak zwany *Post Processing*. Do wyboru są następujące procedury:

- Dekoder „Dolby Pro Logic”.
- Procesor dźwięku dookólnego „Circle Surround”.
- Procesor dźwięku przestrzennego „Sound Retrieval System” (SRS).
- Procesor VMAX – poszerzenie bazy stereo.

Pracą dekodera STA310 można sterować albo przez interfejs równoległy, albo szeregowy I<sup>2</sup>C. Zdecydowałem się na użycie I<sup>2</sup>C

(nóżka 43 SELI2C=1). Za pomocą wypróbowania MAINI2ADR (53) można określić adres *slave* interfejsu I<sup>2</sup>C. Gdy jest ono ustawione, to adres ma wartość 1011 100x, gdy wyzerowane, to adres zależy od poziomów logicznych na A0...A6. Dekoder ma około 200 rejestrów wewnętrznych. Niektóre służą tylko do odczytu, większość ma możliwość zapisu i odczytu. Część rejestrów przyjmuje domyślne wartości po restarcie, więc sterowanie dekoderelem należy rozpocząć od sekwencji startowej, pokazanej na **listingu 1**.

Funkcja *STA\_write(adres, dane)* zapisuje w rejestrze dekodera o adresie *adres* liczbę *dane*, a funkcja *STA\_read(adres)* odczytuje rejestr o adresie *adres* i zwraca jego zawartość 8-bitową.

Dekoder STA310 wymaga zwykle zachowania sekwencji programujących. Niektóre komendy można wykonać „w locie” – na przykład włączanie i wyłączanie funkcji *Post Processing*.

**Listing 1. Inicjowanie dekodera STA310**

```
void STA_softreset(void)
{
    uint8_t data;
    STA_write(16, 1);           // 1 -> SOFTRESET
    STA_write(43, 8);          // 8 -> BREAKPOINT
    STA_write(58, 0);          // 0 -> CLOCKCMD
    do
        data = STA_read(0xFF); //INT_RAM-czekaj na gotowość pamięci RAM
    while (data != 1);
    STA_write(181, 1);         // 1 -> ENA_ALL_FRACPLL
}
```

zegarowy o częstotliwości 27 MHz. Pierwsza pętla PLL1 służy do generowania zegara systemowego SYS\_CLK wykorzystywanego przez jednostkę DSP oraz peryferia cyfrowe. Programowo można ustawić źródło zegara SYS\_CLK na jedno z 4: wyjście zegara z pętli PLL1, wyjście zegara z pętli PLL1 podzielone przez 2, wejście zewnętrznego zegara CLK, wejście zewnętrznego zegara CLK podzielone przez 2. Druga pętla PLL2 służy do generowania sygnału zegarowego PCMCLK dla bloków audio. Programowo można ustawić źródło zegara PCMCLK na jedno z trzech: wyjście zegara z pętli PLL2, wyjście zegara zregenerowanego przez odbiornik SPDIF, wejście zewnętrznego zegara PCMCLK. Wyprowadzenie 69 (PCMCLK) jest w pierwszych dwóch przypadkach wyjściem, a w trzecim wejściem.

Detektor fazy (blok PFD) może pracować dla sygnałów o częstotliwości wejściowych z zakresu: 4...14 MHz. Generator VCO może generować sygnał o częstotliwości z zakresu 100...200 MHz. Po zerowaniu częstotliwość wyjściowa Oclk=47,25 MHz (Dla Clkin = 27MHz). Wykonane przez mnie eksperymenty pozwalają na przypuszczenie, że nie powinna ona przekraczać 70 MHz.

Programowanie dekodera STA310 należy zacząć od zaprogramowania pętli PLL, ale po wykonaniu sekwencji startowej. W zależności od źródła danych audio, jako źródło sygnału zegarowego PCMCLK wykorzystuję zewnętrzny sygnał PCMCLK, gdy dane pochodzą z procesora lub przetwornika A/C lub pętlę

PLL2, gdy dane pochodzą z odbiornika SPDIF. Kolejną czynnością jest wybór odpowiedniego wejścia danych i ich formatu (SIN\_SETUP, CAN\_SETUP). Następnie ustawiam format danych wyjściowych (PCMCONF, PCMDIVIDER). Aby uruchomić pracę interfejsu wyjściowego I<sup>2</sup>S, trzeba wyzerować i ustawić bit MUTE. Po tej sekwencji należy jeszcze włączyć wyjście VCR poprzez zapis odpowiedniej wartości (zwykle 0x11) do rejestru VCR\_MIX (0xAE). Zwykle uruchamiam również automatyczne rozpoznawanie formatu danych pojawiających się na wejściu SPDIF. Odblokowuję również wybrane przerwania. Ostatecznie uruchomienie dekodera (rozpoczęcie dekodowania danych audio) następuje poprzez wpisanie „1” do rejestru PLAY. Od tego momentu na wyjściach PCM0, PCM1 i ewentualnie PCM2 i PCM3 pojawiają się dane audio lub szumy. Podczas dekodowania danych z wejścia SPDIF mogą pojawiać się przerwania w przypadku wykrycia nowego formatu danych, zmiany częstotliwości próbkowania przesyłanych danych, utracie synchronizacji itp.

Przy włączonej automatyce rozpoznawania formatu przychodzących danych jest możliwe poprzez odczyt rejestrów STREAMSEL (0x4C) i DECODESEL (0x4D) ustalenie formatu przychodzących danych audio – PCM, MPEG, AC3 lub DTS. Dodatkowo, odczyt rejestru AC3\_STA\_TUS1 (0x77) pozwala ustalić liczbę przesyłanych kanałów audio. W tabeli 1 wyszczególniłem najczęściej występujące przypadki zawartości rejestrów STREAMSEL i DECODESEL.

Przed odtwarzaniem plików nieskompresowanych PCM (\*.WAV) należy wpisać do powyższych rejestrów odpowiednio wartości 3 i 3. W przypadku gdy, źródłem danych audio jest interfejs SPDIF zawartość tych rejestrów jest ustawiana przez procesor DSP przy włączonej funkcji AUTODETEC. W tym przypadku należy na podstawie zawartości tych rejestrów ustawić odpowiednio sposób odtwarzania – włączyć lub wyłączyć wybrane funkcje Post Processingu takie jak Circlesurround, VMAX, SRS. W moim amplitunerze wyświetlam na wyświetlaczu informacje o ty-

pie dotwarzanego strumienia i włączonych funkcjach Post Processingu np.: DTS/5.1/DIGT, AC3/CIR/VMAX, PCM/2.0/SRS itp.

Jak poprzednio wspomniałem procesor DSP dekodera STA310 pozwala włączyć różne funkcje przetwarzające dekodowany dźwięk. Dokumentacja „STS310.pdf” nie zawiera wszystkich informacji o dostępnych funkcjach Post Processingu dla wersji oprogramowania 2.0. Dlatego chciałbym przedstawić skrócony opis najważniejszych rejestrów. Pierwszy z tych rejestrów to rejestr PDEC1 (0x62). Pozwala on włączyć przetwarzanie Dolby Pro Logic, DOUBLE STEREO, SRS i VMAX.

0x62	PDEC1 (POST PROCESSING)						
7	6	5	4	3	2	1	0
VMAX	SRS	DEM	DCF	DOUBLE STEREO	MPEG1/2 DYNAMIC	PROLOGIC	
0 - DISABLE	0 - DISABLE	0 - DISABLE	0 - DISABLE	0 - DISABLE	0 - DISABLE	0 - DISABLE	
1 - ENABLE	1 - ENABLE	1 - Deemph. Filter active	1 - DC Filter active	1 - ENABLE	1 - ENABLE	1 - ENABLE	

Drugi rejestr PDEC2 (0xB1) pozwala włączyć przetwarzanie Circlesurround. Funkcja ta pozwala uzyskać z 2 kanałów wyjściowych 5 kanałów wyjściowych (Surround).

0xB1	PDEC2 (POST PROCESSING)						
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	CIRCLESURROUND	
-	-	-	-	-	-	0 - DISABLE	
-	-	-	-	-	-	1 - ENABLE	

Dodatkowe parametry przetwarzania można ustawić w rejestrze PL\_AB (0x64):

0x64	PL_AB (WS, SRS, VMAX, True Surround)						
7	6	5	4	3	2	1	0
SRS	SRS	-	SRS	-	True Surround	PL_WS	PL_AB
4->2	4->2	-	3D	-	Surround	-	-
0 - DISABLE	0 - DISABLE	-	0 - DISABLE	-	0 - DISABLE	0 - DISABLE	0 - DISABLE
1 - ENABLE	1 - ENABLE	-	1 - ENABLE	-	1 - ENABLE	1 - ENABLE	1 - ENABLE
SRS	SRS	-	SRS	-	True Surround	Wide Surround	Auto-balance (Betw- en Lt and Rt)
4->2 (Rs)	4->2 (Ls)	-	3D	-	Surround	-	-

Dla PL\_AB = 0x04 uruchamiamy przetwarzanie True Surround redukujące 5 ka-

REKLAMA

Projekty na...  
**STM32**

[www.stm32.eu](http://www.stm32.eu)

**ST** **KAMAMI**  
life.augmented

**Tabela 1. Zawartość rejestrów STREAMSEL i DECODESEL**

STREAMSEL (0x4C)	DECODESEL (0x4D)	Opis	Uwagi
3	3	PCM 16bit Mono/Stereo	Nieskompresowany dźwięk próbkowany z rozdzielczością 16 bitów (1 lub 2 kanały).
3	0	Dolby Digital AC3	Strumień Dolby Digital AC3 z wejścia I2S (1 do 6 kanałów)
5	0	Dolby Digital AC3	Strumień Dolby Digital AC 3 z wejścia SPDIF (1 do 6 kanałów)
5	6	DTS	Strumień DTS z wejścia SPDIF (2 do 6 kanałów)
3	9	MP3	Strumień MP3 (1 lub 2 kanały)

nałów wejściowych na 2 wyjściowe, a dla PL\_AB = 0x14 uruchamiamy funkcję SRS 3D w 2 kanałach (STEREO 3D).

Parametry przetwarzania Circlesurround można ustawić w rejestrach CIRCLE\_MODE (0xB2) i CIRCLE\_DELAY (0xB3).

0xB2								CIRCLE_MODE			
7	6	5	4	3	2	1	0				
-	-	-	Mix	Wide	Filtering	Phantom	Mode				

Mode[0]  
 0 – Music mode, 1 – Cinema mode.  
 Phantom[1]  
 0 – Center mode, 1 – Phantom mode.  
 Filtering[2]  
 0 – No filtering on center channel, 1 – High pass filter is applied on center channel.  
 Wide[3]  
 0 – Normal mode, 1 – Wide mode.  
 Mix[4]  
 0 – 4.2.4 mode, 1 – 5.2.5 mode.

Opóźnienie dla tylnych kanałów:

0xB2								CIRCLE_DELAY			
7	6	5	4	3	2	1	0				
Delay											

Delay = 6 x delay / FS (max.[s] = 1440/FS[Hz])

Wyjście VCR można skonfigurować w rejestrze VCR\_MIX (0xAE). Wyjście to można skierować dodatkowo na wyjście SPDIF.

0xAE								VCR_MIX			
7	6	5	4	3	2	1	0				
-	-	-	STEREO	PRL	-	COPY	3D VCR				
			0 - DISABLE	0 - DISABLE		0 - NO COPY	0 - STANDARD SOUND				
			1 - ENABLE 2/0 DOWN-MIX	1 - ENABLE DOLBY PRO LOG. DOWN-MIX		1 - COPY L/R	1 - 3D SOUND				

Podstawowe konfiguracje wyjścia VCR:

Nazwa konfiguracji	Rejestr	Wartość	Uwagi
SRS 3D na wyjściu VCR	0xAE 0x62 0x64	0x01 0x40 0x14	SRS post processing True Surround 3D
VMAX na wyjściu VCR	0xAE 0x62 0x64	0x01 0x80 0x14	VMAX post processing True Surround 3D
Kopia kanałów L/R wyjściu VCR	0xAE	0x02	
Prologic downmix na wyjściu VCR	0xAE	0x08	
STEREO 2.0 downmix na wyjściu VCR	0xAE	0x10	

Podstawowe konfiguracje postprocessingu:

Nazwa konfiguracji	Rejestr	Wartość	Uwagi
Dekoder Prologic	0x62	0x01	2 kanały na 5
Circle Surround	0xB1	0x01	2 kanały na 5
Procesor SRS	0x62	0x40	5 kanałów na 2 lub 2 kanały na 2
Procesor VMAX	0x62	0x80	5 kanałów na 2 lub 2 kanały na 2
Prologic + SRS	0x62	0x41	2 kanały na 5 -> 5 kanałów na 2
Prologic + SRS	0x62	0x81	2 kanały na 5 -> 5 kanałów na 2
Circle Surround	0x62	0x40	2 kanały na 5 -> 5 kanałów na 2
+ SRS	0xB1	0x01	
Circle Surround + VMAX	0x62	0x80	2 kanały na 5 -> 5 kanałów na 2
	0xB1	0x01	

Możliwe konfiguracje dla procesorów dźwięku SRS i VMAX:

Procesor dźwięku	Rejestr	Wartość	Konfiguracja (nazwy oryginalne)	Uwagi
SRS	0x64	0x04	Truesurround	5 kanałów na 2
SRS	0x64	0x14	SRS 3D	2 kanały na 2
SRS	0x64	0x40	SRS prologic with Mono Surround on Ls	4 kanały na 2
SRS	0x64	0x80	SRS prologic with Mono Surround on Rs	4 kanały na 2
VMAX	0x64	0x04	Virtual theater	5 kanałów na 2
VMAX	0x64	0x08	VMAX prologic with Mono Surround on Ls	4 kanały na 2
VMAX	0x64	0x14	VMAX stereo enhanced	2 kanały na 2

Włączenie dekodera „Prologic” lub „Circle Surround” pozwala uzyskać cyfrowo 6 kanałów z dźwięku 2 kanałowego. Dekoder „Prologic” powinien być włączony podczas odtwarzania filmu ze ścieżką dźwiękowej zakodowaną w tym standardzie. Dekoder „Circle Surround” jest bardziej uniwersalny – może pracować w trybie „Cinema” lub „Music”. Dla tego dekodera gdy odtwarzany jest dźwięk filmu należy ustawić tryb „Cinema”, a gdy odtwarzamy muzykę należy wybrać tryb „Music” (Moim zdaniem w trybie „Cinema” odtwarzany dźwięk jest „przytłumiony”).

Włączenie procesora „SRS” lub „VMAX” pozwala uzyskać w 2 kanałach dźwięk „3D”. Dla cyfrowych źródeł 2 kanałowych dźwięk „3D” może się pojawić w przednich kanałach głównych. Jeśli źródło dźwięku zawiera 6 kanałów, to dźwięk „3D” można uzyskać tylko na wyjściu VCR. Aby w takim przypadku (źródło 6-cio kanałowe) uzyskać dźwięk „3D” w głównych przednich kanałach należy włączyć DOWNMIX do systemu 2.0 w rejestrze 0x6F.

Dekoder STA310 może dekodować także pliki MP3, ale wymagałoby to użycia szeregowego interfejsu obsługującego również linię REQ# - wyjście sygnału gotowości dekodera. Ponieważ interfejs I2S procesora LPC2387 nie przewiduje takiej opcji, do dekodowania

plików MP3 użyłem dekodera STA015. Układ STA015 można kupić, a układ STA310 można jedynie „zdobyć”. Jak wspominałem w wstępie mojego artykułu możliwa jest praca mojego ampli tunera bez zamontowania układu

STA310. Wtedy układ STA015 zapewnia odtwarzanie plików MP3.

Rejestr OCFG (0x66) pozwala ustawić konfigurację wyjść PCM. Ogólnie można powiedzieć, że rejestr ten pozwala przekierować niskie częstotliwości albo do subwoofera albo do głośników przednich.

### Konfiguracja wyjść PCM

W konfiguracji 1 basy z 5 głośników (L, C, R, Ls, Rs) są filtrowane i dodawane do wyjścia subwoofera. Konfiguracja 2 nadaje się szczególnie, gdy głośniki kanału lewego i prawego są dużej mocy i mogą odtworzyć skutecznie basy z głośników C, Ls, Rs i Sub. W konfiguracji 3 basy z 5 głośników (L, C, R, Ls, Rs) są dodatkowo dodawane do sygnału subwoofera. Szczegóły dotyczące poszczególnych konfiguracji (jest ich 6) można znaleźć w dokumentacji „STA310.pdf”.

0x66								OCFG			
7	6	5	4	3	2	1	0				
LFE_BYP	BOOST	-	-	-	-	-	-	OCFG[2:0]			

Poszczególne konfiguracje wyjść zależą dodatkowo do bitów LFE\_BYP i BOOST. Ustawienie bitu LFE\_BYP włącza kanał subwoofera i wpływa na konfiguracje 2, 3 i 4. Ustawienie bitu BOOST zwiększa poziom głośności w kanałach L i R o +12 dB w konfiguracji 2 albo o +4 lub +8 dB w konfiguracji 3. Cyfrowa konfiguracja głośników wprowadza zwykle dodatkowe tłumienie sygnałów o kilka decybeli. Dlatego na mojej płycie ampli tunera zbudowałem układ analogowy pozwalający za pomocą zworek ustawić odpowiednią konfigurację sygnałów. Mój analogowy układ przypomina cyfrową konfigurację numer 2. Rolę filtrów górnoprzepustowych pełnią kondensatory C101, C102 i C103. Zworki Z28, Z29 i Z30 pozwalają dodać niskie częstotliwości z wybranych kanałów (C, Ls, Rs) do kanału subwoofera.

### Układ Downmix

Układ ten pozwala użyć mniej niż 6 głośników do odtwarzania dźwięku 6-kanałowego. Głównymi elementami tego układu są wzmacniacze operacyjne U42A, U42B, U42C i U42D (OPA4132) oraz klucze analogowe znajdujące się w układzie scalonym U19 (ADG451CRL lub MAX391CSE). Jeśli nie używamy głośnika centralnego, to programowo można włączyć pierwszy klucz analogowy w układzie U19 ('0' na linii NO\_C#). Spowoduje to dodanie kanału centralnego do kanału lewego i prawego. Rezystory R257 i R281 oraz R261 i R283 ustalają tłumienie sygnału kanału centralnego na poziomie około -3dB. Podobnie w wypadku braku subwoofera można poprzez włączenie drugiego klucza analogowego w układzie scalonym U19 ('0' na linii NO\_SUB#) dodać jego sygnał do przednich głośników. Podobnie jest z kanałami Ls i Rs. Włączenie trzeciego klu-

Tabela 2. Konfiguracje głośników

Symbol głośnika	Konfiguracja głośników								Typ wyjścia
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A	LF	-	C	-	-	LF	-	-	SE/40my
B	RF	-	-	-	-	RF	-	-	SE/40my
C	LS	LS	LS	-	-	LS	-	-	SE/40my
D	RS	RS	RS	-	-	RS	-	-	SE/40my
X	-	C	-	LS	LF	-	LF	-	BTL/80mów
Y	-	-	-	RS	RF	-	RF	-	BTL/80mów
LX	C	LF	LF	LF	C	-	-	LF	BTL/40my
LY	SUB	RF	RF	RF	SUB	-	-	RF	BTL/40my
Tryb	5.1	5.0*	5.0*	4.0*	3.1	4.0*	2.0*	2.0*	
	4x25W	2x25W	3x25W	2x50W	2x50W				
Moc	2x100W	1x50W	2x100W	2x100W	2x100W	4x25W	2x50W	2x100W	
		2x100W							

Symbol \* oznacza możliwość podłączenia aktywnego subwoofera.

cza w układzie scalonym U19 ('0' na linii NO\_LS#) spowoduje dodanie poprzez rezystor R265 sygnału kanału Ls do przedniego lewego kanału. Jeśli założona jest zworka Z27, to niewielka część sygnału Ls zostanie dodana (poprzez rezystor R301) w przeciwfazie do przedniego prawego kanału (uzyskamy efekt „3D”). Dla kanału Rs sposób miksowania jest identyczny (czwarty klucz, rezystor R266, zworka Z26 oraz rezystor R302).

### Wzmacniacz mocy klasy D

O układach scalonych zastosowanych w końcówkach mocy wspomniałem na wstępie mojego artykułu. Układy scalone TPA3120D2 przewidziałem do pracy albo w konfiguracji SE (Single Ended) albo BTL (Bridge Tied Load), natomiast układ scalony TAS5611 prace w konfiguracji BTL (Bridge Tied Load). Ze względu na to, że są to wzmacniacze „cyfrowe” pracujące w klasie D na ich wyjściach pojawiają się przebiegi PWM o wypełnieniu zmieniającym się w zależności od chwilowej wartości odtwarzanego sygnału analogowego. Częstotliwość tych przebiegów dla układów TPA3120D2 wynosi nieco ponad 200 kHz, a dla układu TAS611 około 400 kHz. Na wyjściach obydwu tych układów konieczne jest zastosowanie filtrów LC (Dławiki LWA1, LWB1, LWA2, LWB2, LDA1, LDB1 < LDC1, LDD1). Dławiki dla układów TPA3120D2 powinny mieć indukcyjność około 22 uH, a dławiki dla układu TAS611 około 10 uH (w prototypie wszystkie dławiki mają indukcyjność równą 10 uH).

Przewidziałem 8 różnych konfiguracji podłączenia głośników. Aktualna konfiguracja głośników zależy od ustawienia zworek Z35, Z36, Z37, Z38, Z39, Z47 i Z48. Wzmacniacze operacyjne U47A, U47B i U47C wytwarzają sygnały sterujące wzmacniaczami TPA3120D2, a wzmacniacze U28A i U28B dostosowują odpowiednio fazy sygnałów sterujących różnicowe wejścia wzmacniacza TAS5611. Wszystkie konfiguracje gło-

śników można znaleźć umieszczono w tabeli 2.

Głośniki oznaczone A, B, C, D włączone są między masę a pojedyncze wyjścia z układu TPA3120D2. Głośniki oznaczone X, Y włączone są między dwa wyjścia z układu TPA3120D2. Oczywiście, dołączenie głośnika X (Y) wyklucza jednocześnie dołączenie głośników A i B (C i D). Głośniki oznaczone LX i LY włączone są w układzie BTL do wyjść układu TAS5611.

Pierwsze 5 konfiguracji wymaga wlutowania wszystkich końcówek mocy. Konfiguracje 6 i 7 wymagają wlutowania tylko 2 układów TPA3120D2. Konfiguracja 8 wymaga wlutowania tylko układu TAS5611. W miejsce układów scalonych TPA3120D2 można wlutować również układy typu TPA3123D2. W miejsce układu TAS5611 można wlutować również układy TAS5611A, TAS5613 oraz TAS5615. Konfiguracja 1 wymaga użycia 4 głośników satelitarnych o mocy 25W/4 Ω oraz jednego głośnika centralnego o mocy 100 W/4 Ω (lub 50 W/8 Ω) i subwoofera, również o mocy 100 W/4 Ω (lub 50 W/8 Ω). W konfiguracji 2 należy użyć 2 głośników przednich o mocy 100 W/4 Ω (lub 50 W/8 Ω), głośnika centralnego o mocy 50 W/8 Ω oraz dwóch głośników satelitarnych o mocy 25 W/4 Ω. Konfiguracja 3 wymaga użycia 2 głośników o dużej mocy oraz 2 głośników satelitarnych 25 W/4 Ω.

Te pierwsze trzy konfiguracje zapewniają tryb pracy 5.1, ale w konfiguracjach 2 i 3 potrzebny jest dodatkowo subwoofer aktywny. Konfiguracja 4 wymaga użycia 4 „dużych” głośników (np. 50 W/8 Ω) i pracuje w trybie 4.0 (PHANTOM). W konfiguracji 5 potrzebne są 3 „duże” głośniki (np. 50 W/8 Ω) i jeden pasywny subwoofer (np. 100 W/4 Ω). W tej konfiguracji głośniki pracują w trybie 3.1 (LF, C, RF, Sub). Konfiguracja 6 pozwala uzyskać tryb 4.0 (PHANTOM) z 4 „małymi” głośnikami o mocy 25 W/4 Ω. Konfiguracje 7 i 8 pracują w trybie 2.0 (STEREO). Wymagają użycia 2 „dużych” głośników o mocach

50 W/8 Ω (dla konfiguracji 7 lub 8) albo 100 W/4 Ω (konfiguracja 8). W zależności od wybranej (zworkami) konfiguracji należy odpowiednio ustawić programowo DOWNMIX.

### Wzmacniacz słuchawkowy

Wzmacniacz słuchawkowy zbudowano w oparciu o układ scalony typu TPA6120A2. Charakteryzuje się on bardzo małymi niekształceniami nieliniowymi. W moim urządzeniu układ ten (U81) jest zasilany pojedynczym napięciem równym +12V. Wyjście każdego kanału jest wyprowadzone przez szeregowy rezystor 10 Ω. Stopnie wzmacniacza w układzie TPA6120A2 zostały objęte ujemnym i dodatnim sprzężeniem zwrotnym. Rezystory R43 i R2 (lub R44 i R3) pracują w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego. Rezystory R49 i R234 (lub R50 i 235) tworzą dodatnie sprzężenie zwrotne. Dodatnie sprzężenie zwrotne powoduje wzrost impedancji wyjściowej wzmacniacza do około 30 Ω. Jest to korzystne, ponieważ głośność w słuchawkach o różnej impedancji się wyrównuje.

### Mikrokontroler LPC2387

Do sterowania amplitunerem wybrałem 32-bitowy mikrokontroler LPC2387. Jest to jeden z nielicznych wyposażonych w inter-

REKLAMA

Projekty na STM32

www.stm32.eu

life.augmented

KAMAMI

fejs AUDIO I<sup>2</sup>S. Kolejną zaletą tej rodziny procesorów jest wgrany fabrycznie bootloader wykorzystujący interfejs szeregowy UART. Mikrokontroler ma dużą pamięć RAM (64 kB+2×16 kB+2 kB), dużą pamięć Flash (512 kB), interfejsy I<sup>2</sup>C, SPI/SSP i UART. Ze względu na konieczność użycia interfejsów I<sup>2</sup>S częstotliwość zegara systemowego musi być wielokrotnością częstotliwości próbkowania dźwięku 44,1 kHz lub 48 kHz. Dla częstotliwości próbkowania 44,1 kHz częstotliwość zegara systemowego wynosi 67,7376 MHz, a dla częstotliwości próbkowania 48 kHz jest równa 73,728 MHz. Maksymalna częstotliwość zegara systemowego dla procesora LPC2387 wynosi 72 MHz, zatem w tym drugim wypadku zastosowałem lekkie przetaktowanie procesora. W obydwu przypadkach zegar systemowy jest równy 24×BCLK (Bit clock magistrali I<sup>2</sup>S). Źródłem sygnału zegara systemowego jest specjalny układ scalony (U18) typu MAX9485EUP. Ma on wbudowany generator 27 MHz, a w strukturze wewnętrznej ma pętlę PLL generującą częstotliwości potrzebne do obróbki dźwięku. Po restarcie układ generuje częstotliwość 8,192 MHz (nóżka 11 – CLK\_OUT1). Po wpisaniu przez procesor odpowiednich danych do rejestrów wewnętrznych tego układu, na wyjściu CLK\_OUT1 otrzymujemy częstotliwość 11,2896 MHz lub 12,288 MHz. Na nóżce 18 – MCLK dostępny jest sygnał o częstotliwości 27 MHz dla dekodera STA310.

Układ scalony MAX705CSA(U11) generuje sygnał RESET# zerujący większość układów scalonych potrzebujących sprzętowego sygnału zerowania. Źródłem sygnału reset procesora RESET0# jest albo sygnał RESET# z układu U11 (poprzez diodę D6 BAT254) albo DTR# z układu U12 FT232RL (poprzez diodę D5 BAT254). Układ U11(MAX705CSA) jest zasilany napięciem +5 V, jego poziom wpływa na stan wyjścia RESER#. Napięciem +5 V jest zasilany stabilizator U25(LM3940) wytwarzający napięcie +3,3 V zasilające procesor.

Procesor steruje pozostałymi układami scalonymi głównie przez interfejsy I<sup>2</sup>C. Dodatkowo dołączyłem do procesora szeregową pamięć RAM(U14) typu 23K256-I-SN o pojemności 32kB. Pamięć ta jest sterowana przez interfejs ISP(SSP1). W tej pamięci przechowuję dane związane z operacjami zapis/odczyt na karcie SD/SDHC(JSD). Linie sterujące kartą SD/SDHC zostały poprowadzone przez zworki (Z15, Z16, Z17). Umożliwia to podłączenie tej karty albo do interfejsu ISP, albo do dedykowanego do obsługi kart pamięci interfejsu SD/MMC. Ponieważ wyprowadzenia interfejsu I<sup>2</sup>S i SD/MMC wykorzystują te same wyprowadzenia procesora zmuszony byłem podłączyć kartę SD/SDHC do interfejsu ISP(ISP).

Do odczytu Pendriv'a zastosowałem moduł DIP1(JDIP) produkcji firmy Vinculum.

Moduł ten zawiera specjalizowany układ scalony typu VNC1L-1A zapewniający obsługę transmisji USB. Układ VNC1L-1A może być sterowany przez interfejs równoległy, szeregowy RS-232 oraz szeregowy ISP. Wybrałem interfejs ISP(SSP0). Moduł DIP1 jest połączony również przez zworki ZVD1,2,3,4 umożliwiające aktualizację oprogramowania układu VNC1L-1A przez kanał RS-232 wychodzący z układu FT232RL(U12). Układ FT232RL pozwala programować procesor, jeśli są założone są zworki Z13 i Z20 oraz zworki ZVD1, 2, 3, 4 zwierają piny 1 i 2, albo aktualizować oprogramowanie układu VNC1L-1A po usunięciu zworki Z13 i Z20 oraz zmianie położenia zworki ZVD1, 2, 3, 4, aby zwierają piny 2 i 3. Sam układ FT232RL jest konwerterem transmisji USB na RS-232. Do programowania procesora LPC2387 należy użyć programu „Flash magic” (rysunek 8). Można go pobrać ze strony producenta (NXP). Do aktualizacji oprogramowania modułu VNC1L-1A można wykonać program VPROG dostępny na stronie www.ftdichip.com.

Sterowanie układem VNCL1A polega na wysyłaniu do niego komend i odczytywaniu odpowiedzi. Użyłem „krótkich” komend – „Shortened Hexadecimal Command”. Ten rodzaj komunikacji jest najwygodniejszy przy sterowaniu tego układu przez procesor. Z układem VNCL-1A można się również komunikować w trybie „Extended ASCII”, ale ten tryb nadaje się przy sterowaniu z terminala ASCII. Komunikację z układem VNCL-1A zaczynam zawsze od wysłania komendy „Check if online” polegającej na wysłaniu znaku <CR> (0x0D). Jeśli układ doczytał prawidłowo pendrive, to w odpowiedzi otrzymamy: „>”, 0x0D. Przy braku pendrive otrzymamy odpowiedź: „ND”, 0x0D (No Disk).

Oprogramowanie amplitunera pozwala odczytywać pliki z pendrive, ale nie wykorzystuje funkcji zapisu. Obsługa pendrive przebiega następująco: sprawdzenie obecności pendrive, odczyt katalogu, odczyt długości plików. Aby odtworzyć plik \*.MP3 należy „otworzyć” plik funkcją „OPR”, a następnie odczytać funkcją „RDF” określoną liczbę bajtów (zwykle kilkakrotnie). Nie należy przekroczyć liczby bajtów wynikającą z rozmiaru pliku. Po każdym wywołaniu funkcji „RDF” należy odczytać dokładnie taką ilość bajtów, jaką podaliśmy w wywołaniu funkcji – w przeciwnym przypadku komunikacja z pendrivem ulegnie desynchronizacji.

Procesor LPC2387 ma 4 bloki pamięci RAM:

- STATC RAM - 64kB (0x4000 0000 – 0x4000 FFFF) – dostęp po 1 bajcie,
- USB RAM - 16kB (0x7FD0 0000 – 0x7FD0 3FFF) – dostęp po 4 bity,
- ETHERNET RAM - 16kB (0x7FE0 0000 – 0x7FE0 3FFF) – dostęp po 4 bity,

- CMOS RAM - 2kB (0xE0084000 – 0xE00847FF) – dostęp po 4 bity.

W pamięci STATIC RAM przechowywane są dane, stos procesora i bufor operacji dyskowych. Bloki pamięci USB RAM i ETHERNET RAM wykorzystywane są tylko na bufor operacji dyskowych. W pamięci CMOS RAM przechowywane są najważniejsze dane. Zawartość pamięci CMOS RAM jest podtrzymywana bateryjnie.

Karta pamięci SD lub SDHC jest wykorzystywana zarówno do odczytu jak i zapisu danych. Szybkość komunikacji z tą pamięcią wynosi około 300 kB/s (2,88 Mb/s). Zapewnia to możliwość zapisu plików typu WAV z dźwiękiem stereo o częstotliwości próbkowania 48 kHz z 16-bitową rozdzielczością (192 kB/s=1,536Mb/s). Karty pamięci Flash przed zapisem danych muszą skasować poprzednią zawartość dla pewnej liczby swoich bloków pamięci. Kasowanie danych odbywa się automatycznie przez sterownik wewnętrzny karty. Kasowanie danych jest powodem, że karta co jakiś czas przez moment zgłasza niegotowość przez kilkadziesiąt ms (maksymalny czas dostępu). Podczas zapisu pliku WAV maksymalny czas dostępu do karty nie powinien przekraczać 300 ms. Nawet bardzo szybkie karty (klasy 10) mogą mieć maksymalny czas dostępu na poziomie 500 czy nawet 700 ms. Przy doborze karty SD lub SDHC należy zwrócić uwagę na maksymalny czas dostępu do karty dla operacji zapisu. Oprogramowanie amplitunera potrafi wykonać karty SD 1 GB, SD 2 GB, SDHC 2 GB oraz SDHC 4 GB. Karty powinny być w formacie FAT16 (również karty 4 GB).

Zapis plików WAV odbywa się w buforze cyklicznym. Dla kart 1 GB długość bufora pozwala zmieścić około 6, dla kart 2 GB około 10, a dla kart 4 GB około 12 minut nagrania. Po uruchomieniu nagrywania dane są wpisywane do bufora (na karcie SD/SDHC). Właściwy zapis pliku zaczyna się po powtórnym naciśnięciu przycisku ENTER (PLAY). Jeśli w buforze jest już więcej niż 40 sekund nagrania, to nagrywany plik będzie się zaczynał 40 sekund wcześniej w odniesieniu do chwili, w której został naciśnięty przycisk ENTER (PLAY). Uzyskujemy w ten sposób „poślizg w czasie” i każde nagranie będzie zawierało początek nagrania. Nagranie kończy się w chwili naciśnięcia przycisku ESC (STOP) lub po zapełnieniu się całego bufora. Oczywiście przed uruchomieniem właściwego nagrywania dane będą nagrywane w buforze cyklicznym nieprzerwanie (bufor może być kilkakrotnie nadpisywany).

## Układ EPM3064

Układ scalony (U10) typu EP-M3064ATC100 spełnia głównie rolę multiplexerów sygnałów cyfrowych. Do jego zaprogramowania użyłem MAX+plus II. Strukturę wewnętrzną bloków logicznych

wprowadziłem w tym programie w postaci schematu (plik \*.gdf). Cały schemat logiki wewnętrznej jest dość rozbudowany, dlatego opiszę tylko ogólnie jego strukturę.

W układzie EPM3064 umieściłem trzy 8-bitowe rejestry. Dane przeznaczone dla każdego z nich są wpisywane szeregowo najpierw do czwartego 8-bitowego rejestru „temp”. Sygnał CTRL0 służy jako zegar, a sygnał CTRL1 przesyła dane (szeregowo 8 bitów). Sygnały CTRL2, CTRL3 i CTRL4 zatrzymują dane z rejestru „temp” do odpowiedniego rejestru docelowego (LATCH1, LATCH2, LATCH3).

Multiplexer MUX1 przełącza 3 sygnały wejściowe I2S do układu STA015. Multiplexer MUX2 przełącza 3 sygnały wejściowe I2S do układu STA310. Multiplexer MUX3 przełącza 2 sygnały wejściowe I2S do układu AL3102. Układ AL3102 nie wymaga sygnału BCLK. Układ AL3102 w prototypie nie został wlutowany, ponieważ (bez zworki S6) sygnał ALIN1 jest powielany na wyjściach WMDIN1,2,3,4 lub tylko na WMDIN1,2,3. Multiplexer MUX4 przełącza źródło sygnału WMMCLK ('Master clock' dla układu WM8770). Multiplexer MUX5 przełącza źródło sygnału WMBCLK ('Bit clock' dla układu WM8770). Multiplexer MUX SPDIF przełącza źródło sygnału transmisji SPDIF. Niektóre wyprowadzenia układu EPM3064 mogą być wejściami lub wyjściami (WMWSADC, WMWSDAC, WMBCLK, DDPCMCLK). Część wyprowadzeń układu EPM3064 są po prostu wyjściami (OUTx1, OUTx2 itd.).

## Przetwarzanie sygnałów audio

Źródło sygnału audio może być cyfrowe lub analogowe. Sygnały analogowe mogą pochodzić z tunera radiowego lub kilku stereofonicznych wejść analogowych – złącza CHINCH i JACK na tylnej ścianie tunera, złącza JACK na przedniej ścianie tunera. Sygnały cyfrowe mogą pochodzić z jednego z czterech wejść cyfrowych SPDIF. Również cyfrowym źródłem sygnału audio nazwałbym pliki \*.WAV i \*.MP3. W wypadku źródeł analogowych sygnał AUDIO może przejść tylko przez tory analogowe, ale może zostać również najpierw przetworzony na postać cyfrową (przez przetwornik ADC w układzie WM8770).

Pierwszy przykład przetwarzania sygnału audio dotyczy sytuacji, gdy sygnał analogowy zostaje przetworzony na postać cyfrową. Z wyjścia multiplexera analogowego sygnał stereofoniczny (analogowy) trafia na przetwornik A/C (WM8770). Następnie, już w postaci cyfrowej, po przejściu przez cyfrowy multiplexer (EPM3064) trafia na wejście procesora DSP zawartego w układzie STA310. Procesor DSP przetwarza strumień wejściowy według wybranych (jednego lub dwóch) algorytmów: Circlesurround, Dolby

Pro Logic, SRS, VMAX. Następnie z wyjść cyfrowych układu STA310 (po przejściu przez kolejny multiplexer w układzie EPM3064) trafia do czterech przetworników D/C w układzie WM8770 i ostatecznie pojawia się w postaci analogowej na czterech stereofonicznych wyjściach z tego układu.

Tor przetwarzania sygnału analogowego stereo przez procesor DSP układu STA310 (Tryb DDD). W drugim przypadku źródłem sygnału cyfrowego jest wejście SPDIF. Sygnał SPDIF po przejściu przez multiplexer cyfrowy w układzie EPM3064 wchodzi na wejście SPDIF układu STA310. Następnie procesor DSP układu STA310 albo dekoduje strumień AC3 lub DTS, albo przetwarza strumień stereo PCM jednym (lub dwoma naraz) z algorytmów: Circlesurround, Dolby Pro Logic, SRS, VMAX.

Różne tryby przetwarzania sygnałów postanowiłem oznaczyć skrótami (ze względu na niewielką ilość znaków potrzebną do wyświetlania na wyświetlaczu). Oto podstawowe skróty wykorzystywane w dalszym opisie:

- DDD – Digital, Digital, Digital – 3 strumienie cyfrowe stereo (L/R, C/Sub, LS/RS),
- DAA – Digital, Analog, Analog – 1 strumień cyfrowy i 2 strumienie analogowe,
- AAA – Analog, Analog, Analog – 3 strumienie analogowe stereo.

Tor przetwarzania sygnału cyfrowego z wejścia SPDIF przez procesor DSP układu STA310 (Tryb DDD).

Drogę sygnału analogowego w trybie AAA. W tym przypadku wejściowy sygnał analogowy jest przetwarzany tylko analogowo. Wyjście analogowego multiplexera wejść (WM8770) jest skierowane wprost (Bypass) na czwarty, analogowy regulator wzmocnienia układu WM8770. Dalej sygnał z czwartego wyjścia stereo układu WM8770 trafia na wejście analogowego procesora audio (TDA7461). Tam dokonywana jest ewentualne korekta barwy tonu i regulacja wzmocnienia dla wzmacniacza słuchawkowego (TPA6120A2). Stereofoniczny sygnał wyjściowy z układu TDA7461 jest kierowany na wejście układu UPMIX. Na wyjściu tego układu otrzymujemy komplet 6-ciu analogowych kanałów dźwiękowych (wygenerowanych przez sumowanie, odejmowanie i filtrowanie kanałów L i R). Te 6 kanałów analogowych przechodzi jeszcze przez multiplexery analogowe ADG794 i dalej trafiają one na trzy pierwsze (stereofoniczne) regulatory wzmocnienia w układzie WM8770. Wyjścia z tych regulatorów sterują (po przejściu przez filtry dolnoprzepustowe – nie pokazane a rysunku) końcówkami mocy (TAS5611, TPA3120D2).

**Tor przetwarzania sygnału analogowego stereo przez procesor analogowy układu TDA7461 (Tryb AAA).**

Przetwarzanie sygnałów w trybie DAA. Źródłem danych audio jest karta SD, SDHC lub Pendrive. Plik \*.MP3 jest odczytywany przez procesor LPC2387 i kierowany na wejście dekodera MP3 w układzie STA015. Sygnały wyjściowe z dekodera STA015 po przejściu przez jeden z multiplexerów w układzie EPM3064 trafiają na wejścia przetworników DAC1 i DAC4 w układzie WM8770. Na wyjściach tych przetworników pojawia się analogowy dźwięk stereo dla kanałów L i R. Aby uzyskać kanały: Centralny, Subwoofer oraz L i R surround wykorzystany został układ TDA7461 oraz układ UPMIX.

**Tor przetwarzania sygnału analogowego stereo przez procesor analogowy układu TDA7461 (Tryb DAA).** Myślę, że w tym miejscu uważny czytelnik zacznie się zastanawiać, dlaczego odtwarzanie plików \*.MP3 nie jest wykonywane w trybie DDD? Muszę przyznać, że taki tryb odtwarzania był przez mnie testowany – wyjście z układu STA015 wchodzące (przez multiplexer) na wejście procesora DSP układu STS310. Testy wykazały jednak, że układ STA310 często traci synchronizację z przebiegiem wejściowym I<sup>2</sup>S z układu STA015, co powoduje pojawienie się szumów. Wiąże się to prawdopodobnie z trudnościami z wychwytywaniem przez układ STA310 momentów przejścia częstotliwości próbkowania transmisji I<sup>2</sup>S z 44,1 kHz na 48 kHz i odwrotnie.

Układ STA015 domyślnie generuje przebieg wyjściowy o częstotliwości próbkowania transmisji I<sup>2</sup>S równy 48 kHz. Gdy układ ten zaczyna dekodować strumień MP3 o częstotliwości próbkowania 44,1 kHz (większość plików \*.MP3) zmienia się również częstotliwość przebiegu wyjściowego I<sup>2</sup>S na 44,1 kHz.

Możliwe są jeszcze inne tory przetwarzania sygnałów audio. Jednym z nich jest przypadek odtwarzania DAA (w tym wypadku Direct, Analog, Analog) w którym analogowy sygnał stereo z multiplexera wejściowego (WM8770) przechodzi wprost (Bypass) na pierwszy i czwarty analogowy regulator wzmocnienia układu WM8770. Na pierwszym wyjściu układu WM8770 (ka-

REKLAMA

Projekty na...Texas

STM32

www.stm32.eu

KAMAMI life.augmented

nały L/R) mamy wtedy sygnał bezpośredni (Direct). Kanały: Centralny, Subwoofer oraz L i R surround są generowane (analogowo) przez układ TDA7461 oraz układ UPMIX. Innym przypadkiem odtwarzania jest odtwarzanie DIR (Direct, Direct, Direct), w którym 6 wejściowych analogowych sygnałów audio trafia (poprzez multiplexery ADG794) wprost na pierwsze 3 regulatory wzmacnienia w układzie WM8770. Można również wybrać odtwarzanie Double Stereo, podczas którego kanały główne L/R są powielane (cyfrowo 'DSD' lub analogowo DSA) w kanałach L/R surround.

## Obudowa i płyta czołowa

Przewidziałem sterowanie za pomocą 8 przycisków. Możliwe jest również sterowanie z pilota RC-5 (urządzenie 0). Zaprojektowałem płytę czołową tunera zawierającą 8 przycisków, wyświetlacz LCD 2x24 znaki, 5 diod LED (np. niebieskich) oraz jedną diodę LED RGB typu CQL510RGB. Płyta główna łączy się z płytką elewacji poprzez 20-żyłowy przewód taśmowy. Wyświetlacz LCD1 (HY-2402A) jest sterowany przez 4-bitową magistralę. Te same linie danych (DAT4, DAT5, DAT6, DAT7) wykorzystałem do odczytu stanu przycisków. Na płycie elewacji umieściłem również elementy sterujące diodami LED. Dioda LED RGB (LED\_X) może świecić w jednym z czterech kolorów: zielonym, żółtym, czerwonym albo niebieskim. Kolor czerwony oznacza, że amplituner jest wyłączony (w stanie czuwania). Kolor niebieski oznacza normalną pracę urządzenia, kolor zielony oznacza SHIFT, a kolor żółty ALT.

Pięć zwykłych diod LED (w prototypie są to diody niebieskie) pokazuje poziom sygnału na wyjściach REC układu WM8770. Diody L\_LF i L\_RF świecą proporcjonalnie do poziomu sygnału w kanałach (odpowiednio) lewym i prawym. Dioda L\_C sterowana jest z wyjścia wzmacniacza U1A i świeci proporcjonalnie do poziomu sumy sygnałów w kanale lewym i prawym. Poziom świecenia tej diody jest proporcjonalny do poziomu sygnału w wirtualnym kanale centralnym. Diody L\_LS i L\_RS są sterowane z wyjścia wzmacniacza U1B. Wzmacniacz ten daje sygnał proporcjonalny do różnicy sygnałów w kanałach lewym i prawym. Poziom świecenia diod L\_LS i L\_RS jest proporcjonalny

do poziomu sygnału w wirtualnych kanałach tylnych (surround). Prądy sterujące diodami LED są prostowane przez tranzystory T1, T2, T3 i T4. Dodatkowo połówki sinusoidy powodują zatykanie tych tranzystorów. Ujemne połówki sinusoidy powodują ich wysterowanie proporcjonalne do chwilowej amplitudy sygnału. Prądy płynące przez diody L\_LF i L\_RF wytwarzają spadki napięcia na rezystorach R21 i R22 proporcjonalne do średniej wartości poziomu sygnałów (analogowych audio) w kanałach przednich. Napięcie (stałe, uśrednione) z tych rezystorów jest mierzone przez przetwornik analogowo cyfrowy znajdujący się w procesorze LPC2387. Procesor wyświetla na wyświetlaczu poziom wysterowania kanałów przednich. Wyświetlany poziom dla przebiegów sinusoidalnych daje wynik 100 dla pełnego wysterowania. Jeśli kanały analogowe są mocno przesterowane, to kształt wyjściowych sygnałów przypomina bardziej prostokąt i wyświetlany wynik na wyświetlaczu może dochodzić do 200. W praktyce należy tak dobrać wzmacnienie (ATT) dla każdego wejścia analogowego, aby w najgłośniejszych partiach odtwarzanych dźwięków na wyświetlaczu pojawił się wynik około 70.

Prototyp amplitunera umieściłem w obudowie przeznaczonej dla odtwarzacza DVD (BELLWOOD 311U), dlatego układ poszczególnych elementów na elewacji jest nieco inny. Przewidziałem opcjonalną obsługę impulsatora zamiast przycisków VOL+, VOL- i ENTER/PLAY – w prototypie użyłem impulsatora, a przyciśnięcie przycisku ENTER/PLAY polega na naciśnięciu pokrętki impulsatora. Wszystkie operacje związane ze sterowaniem funkcjami tunera można wykonać posługując się przyciskami. Wygodniejsze jest jednak użycie pilota RC-5. Do sterowania funkcjami tunera używam głównie przycisków z cyframi '0', '1'... '9'. Jako klawisz ENTER używam jest przycisk 'PLAY', jako ESC przycisk 'STOP'. Podczas normalnej pracy tunera przyciski '0', '1'... '9' wybierają wprost wejście. Wejścia są przyporządkowane następująco:

„0” – tuner FM,

„1”, „2”, „3” – kolejne wejścia stereo CHINCH (z tyłu obudowy),

„4” – wejście AUX – dodatkowe, w prototypie niewykorzystywane,

„5” – wejście DIRECT 5.1 – analogowe wejście 6-kanałowe (3 x JACK z tyłu obudowy),

„6” – wejście JACK z przodu obudowy,

„7” – wejście wykorzystywane podczas odtwarzania źródeł cyfrowych,

„8” – tuner FM. Normalnie wybiera ostatnio wybraną stację radiową. Jeśli wybierzemy (w odstępie czasu mniejszym od 2 sekund) sekwencje '8' '1' albo '8' '2' itd., to zostanie wybrana zaprogramowana stacja radiowa 1, 2 itd.

„9” – jedno z wejść cyfrowych SPDIF. Normalnie wybiera ostatnio wybrane wejście SPDIF. Jeśli wybierzemy (w odstępie czasu mniejszym od 2 sekund) sekwencje '9' '1' albo '9' '2' itd., to zostanie wybrane konkretne wejście SPDIF1, SPDIF2 itd.

Dla wygody obsługi sekwencje „8” – „0” i „9” – „0” są odczytywane, odpowiednio, jako „8” – „4” i „9” – „4”.

Przyciski „VOL+” i „VOL-”, służą do regulowania głośności, ale w wielu przypadkach są traktowane jak „+” i „-”.

Zaawansowane funkcje można obsługiwać posługując się MENU. Wywołanie MENU następuje przez naciśnięcie przycisku SHIFT+ENTER (najpierw spowodować klawiszem SHIFT świecenie diody LED\_X w kolorze zielonym, a następnie naciskając przycisk ENTER/PLAY). Poruszanie się po MENU polega na kolejnym naciskaniu klawisza ENTER/PLAY. Wybór poszczególnych pozycji z MENU jest dokonywany klawiszami „0”...„9”. Niekiedy należy podać konkretną wartość (np. częstotliwość stacji radiowej w kHz). Wprowadzamy się ją klawiszami cyfrowymi i kończy ENTER/PLAY. Jeśli chcemy wyjść z MENU lub nie chcemy zaakceptować wprowadzonej wartości, naciskamy przycisk ESC/STOP.

Myszę, że układ MENU jest intuicyjny i pominię jego szczegółowy opis. Chcę tylko wspomnieć o pozycji POWER pozwalającej określić, które końcówki mocy (układy scalone) są włączone oraz o pozycji BALNS ustalającej poziom głośności w poszczególnych kanałach (relatywnie w stosunku do głośnika LEWY PRZÓD).

**Zbyszko Przybył**  
zbyszkep@mikronika.pl

**AVT414 Uniwersalna karta portów we/wy na USB**

www.sklep.avt.pl