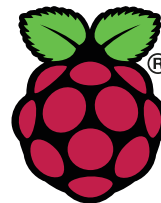


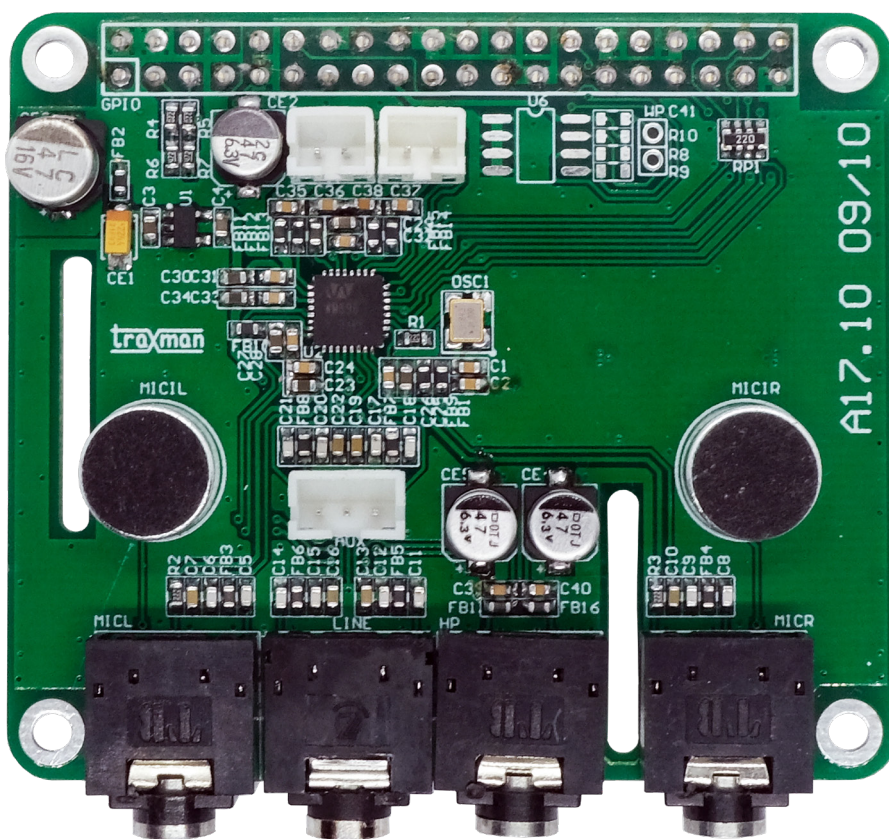
Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów 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 300,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

PROJEKT
NR 249

Karta muzyczna dla Raspberry Pi



Odtwarzanie dźwięku przez Raspberry Pi jest tematem rozpoznanym i nie stanowi większego problemu. Możemy użyć wbudowane wyjście PWM lub jedną z dostępnych nakładek HAT z przetwornikiem DAC. Coraz częściej konieczne jest też nagrywanie dźwięku, przykładowo dla uzupełnienia obrazu z kamery w systemach wizyjnych lub rozpoznania i analizy mowy w systemach asystentów głosowych opartych o Raspberry Pi. W tym przypadku konieczna jest karta w wejściach mikrofonowymi, a najlepiej z pełnym kompletem złącz wejść i wyjść.



Wykaz elementów:

Rezystory:

R1, R4, R5: 22 Ω 1% SMD0603
R2, R3: 2,2 kΩ 1% SMD0603
R6, R7: 4,7 kΩ 1% SMD0603
R8...R10: 4,7 kΩ 1% SMD0603
RP1: 22 Ω 1%

Kondensatory:

C1, C35...C38: 1 nF SMD0603
C2, C24, C25, C28, C31...C33, C41: 100 nF SMD0603
C3, C4, C23, C26, C27, C29, C30, C34: 10 μF SMD0603
C5, C6, C8, C9, C11, C12, C14, C15, C17, C18, C20, C21: 100 pF SMD0603
C7, C10, C13, C16, C19, C22: 4,7 μF SMD0603
C39: 22 pF SMD0603
C40: 220 pF SMD0603
CE1: 22 μF/10 V tantalowy SMD A
CE2...CE5: 47 μF/10 V SMD

Półprzewodniki:

U1: ADP122AUJZ-3.3 SOT23-5
U2: WM8960CGEFL QFN32
U6: AT24LC32 S08

Inne:

FB1...FB10: ferryt BLM18AG102 SMD0603
FB11...FB17: ferryt BLM18AG101 SMD0603
OSC1: generator SMD 24 MHz 3,2x2,5 mm
MICIL, MICIR: wkładka pojemnościowa LD-MC-0905P
GPIO: IDC40
HP, LINE, MICL, MICR: gniazdo Mini Jack 3,5 mm z wyłącznikami
AUX: Złącze JST 3 pin, 2 mm
SPKL, SPKR: Złącze JST 2 pin, 2 mm
WP: Listwa SIL2 2 mm + zwora (opcja)

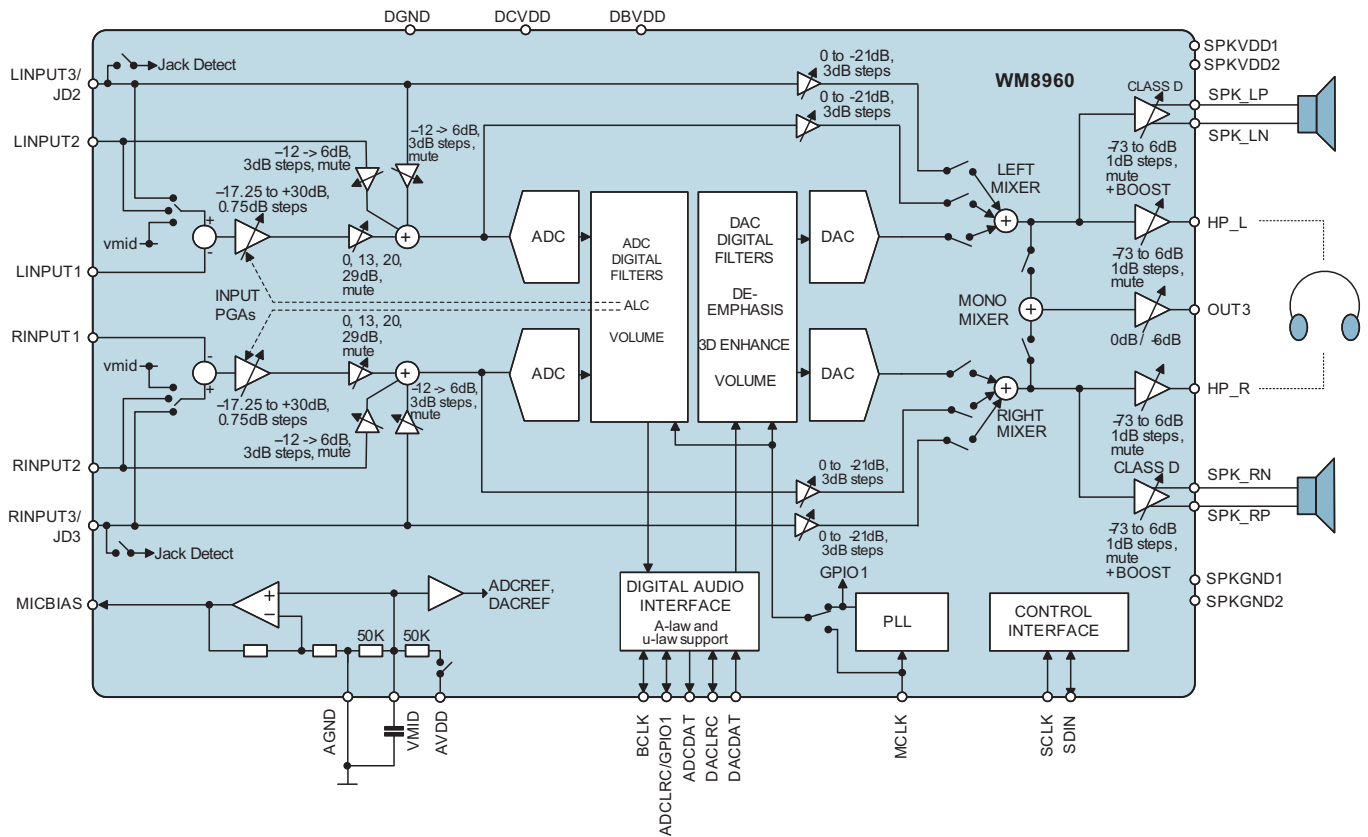
Prezentowana karta wzorowana jest na HAT WM8960 Waveshare i jest z nim zgodna programowo, ale posiada kilka rozszerzeń zwiększających elastyczność zastosowań i w pełni wykorzystuje możliwości sprzętowe kodeka.

Budowa i działanie

Strukturę wewnętrzną kodeka WM8960 pokazano na **rysunku 1**. Układ posiada w torze wejściowym trzy wejścia analogowe LINPUT1...3 z wbudowanymi regulowanymi wzmacniaczami do współpracy ze źródłami o poziomie mikrofonowym i liniowym, wbudowany automatyczny regulator wzmacnienia ALC/limiter, bramkę szumów sumator sygnałów wejściowych, a w torze wyjściowym mikser z możliwością odsłuchu wejść, wzmacniacz

śluchawkowy (HP) z wyjściem liniowym i dwukanałowy wzmacniacz mocy 2x1 W współpracujący bezpośrednio z głośnikami (SPK). Konfiguracja układu odbywa się przez interfejs I²C, do przesyłu cyfrowego sygnału audio używany jest interfejs I²S. Układ w aplikacji wymaga niewielu elementów zewnętrznych.

Schemat ideowy urządzenia pokazano na **rysunku 2**. Moduł zasilany jest z dwóch źródeł, wzmacniacz mocy układu U2 WM8960 korzysta bezpośrednio z +5 V dostępnego na złączu GPIO a, część sygnałowa karty zasilana jest +3,3 V dostarczanego przez niskoszumny stabilizator LDO U1 typu ADP122. Wszystkie potencjały zasilające U2 odsprężnione są zespołem dławika ferrytowego i kondensatorów ceramicznych.



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny WM8960 (za notą producenta)

Za taktowanie U1 (MCLK) odpowiada generator OSC1 o częstotliwości 24 MHz. Cyfrowy interfejs audio I²S (SDI, SDO, LRCK, BLCK) doprowadzony jest do złącza GPIO poprzez rezystory szeregowo RP1. Sygnały wyjściowe ze wzmacniacza mocy po filtracji dolnoprzepustowej FB12...15, C35...37 doprowadzone są do złącz JST 2,00 mm SPKL, SPKR. Sygnał ze wzmacniacza słuchawkowego po separacji składowej stałej CE4, CE5 doprowadzony jest do gniazda HP typu Jack 3,5 mm. Wyjście słuchawkowe pełni też rolę wyjścia liniowego audio.

Wszystkie sygnały wejściowe przed doprowadzeniem do WM8960 podlegają filtracji RF w filtrach dolnoprzepustowych PI, składających się z kondensatorów i dławika ferrytowego (np. C8, 9, FB4). Tor mikrofonowy podłączony jest do wejścia LIN/RIN U2.

Płytkę posiada wbudowany mikrofon stereofoniczny, w postaci dwóch typowych wkładek mikrofonowych MICIL/MICIR typu LD-MC-0905P. Do podłączenia zewnętrznych mikrofonów pojemnościowych służą gniazda MICL/R. Mikrofon zewnętrzny musi posiadać wtyk Jack 3,5 mm TRS, z rozdzielonym sygnałem audio i zasilaniem (sygnał audio styk L (*Tip*), zasilanie styk R (*Ring*), masa GND (*Sleeve*), tak połączona jest większość monofonicznych mikrofonów dla PC. Jeżeli chcemy korzystać tylko z zewnętrznej wkładki mikrofonowej, należy zewrzeć styki T/R oraz doprowadzić masę ze styku S. Zasilanie mikrofonów dostarczane jest ze stabilizatora wbudowanego w WM8960, poprzez

wyprowadzenie MICBIAS. Podczas korzystania z mikrofonu zewnętrznego, zasilanie i sygnał audio odłączony jest od mikrofonów wbudowanych. Sygnał liniowy można podłączyć do gniazd LINE typu Jack 3,5 mm stereo lub AUX typu JST PH 2,00 mm.

Układ WM8960 konfigurowany jest poprzez interfejs I²C, rezystory R6, R7 podciągają magistralę. Na płytce jest pozostawione miejsce na opcjonalną pamięć EEPROM U6, dla spełnienia wymogów HAT, w modelu nie jest ona wlotowana.

Montaż i uruchomienie

Karta zmontowana jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu, rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 3**. Zmontowaną płytkę pokazuje fotografia tytułowa. Prawidłowo zmontowany DAC nie wymaga uruchamiania, konieczna jest konfiguracja systemu operacyjnego.

Przed instalacją warto zaktualizować system i po aktualizacji sprawdzić obecność układu WM8960, na magistrali I²C pod adresem 0x1A poleceniem:

```
i2cdetect -y 1
```

Jeżeli układ został wykryty poprawnie, należy zainstalować oprogramowanie do jego obsługi:

```
git clone https://github.com/waveshare/WM8960-Audio-HAT
cd WM8960-Audio-HAT
sudo ./install.sh
sudo reboot
```

Po instalacji karta audio powinna pojawić się na liście dostępnych urządzeń odtwarzających, co można sprawdzić poleceniem:

```
aplay -l
```

Karta w systemie testowym zgłasza się jako urządzenie card1:

```
pi@raspberrypi:~$ aplay -l
**** List of PLAYBACK Hardware Devices ****
card 0: ALSA [bcm2835 ALSA],
device 0: bcm2835 ALSA
[bcm2835 ALSA]
```

Subdevices: 7/7

```
Subdevice #0: subdevice #0
Subdevice #1: subdevice #1
Subdevice #2: subdevice #2
Subdevice #3: subdevice #3
Subdevice #4: subdevice #4
Subdevice #5: subdevice #5
Subdevice #6: subdevice #6
```

```
card 0: ALSA [bcm2835 ALSA],
device 1: bcm2835 IEC958/HDMI
[bcm2835 IEC958/HDMI]
```

Subdevices: 1/1

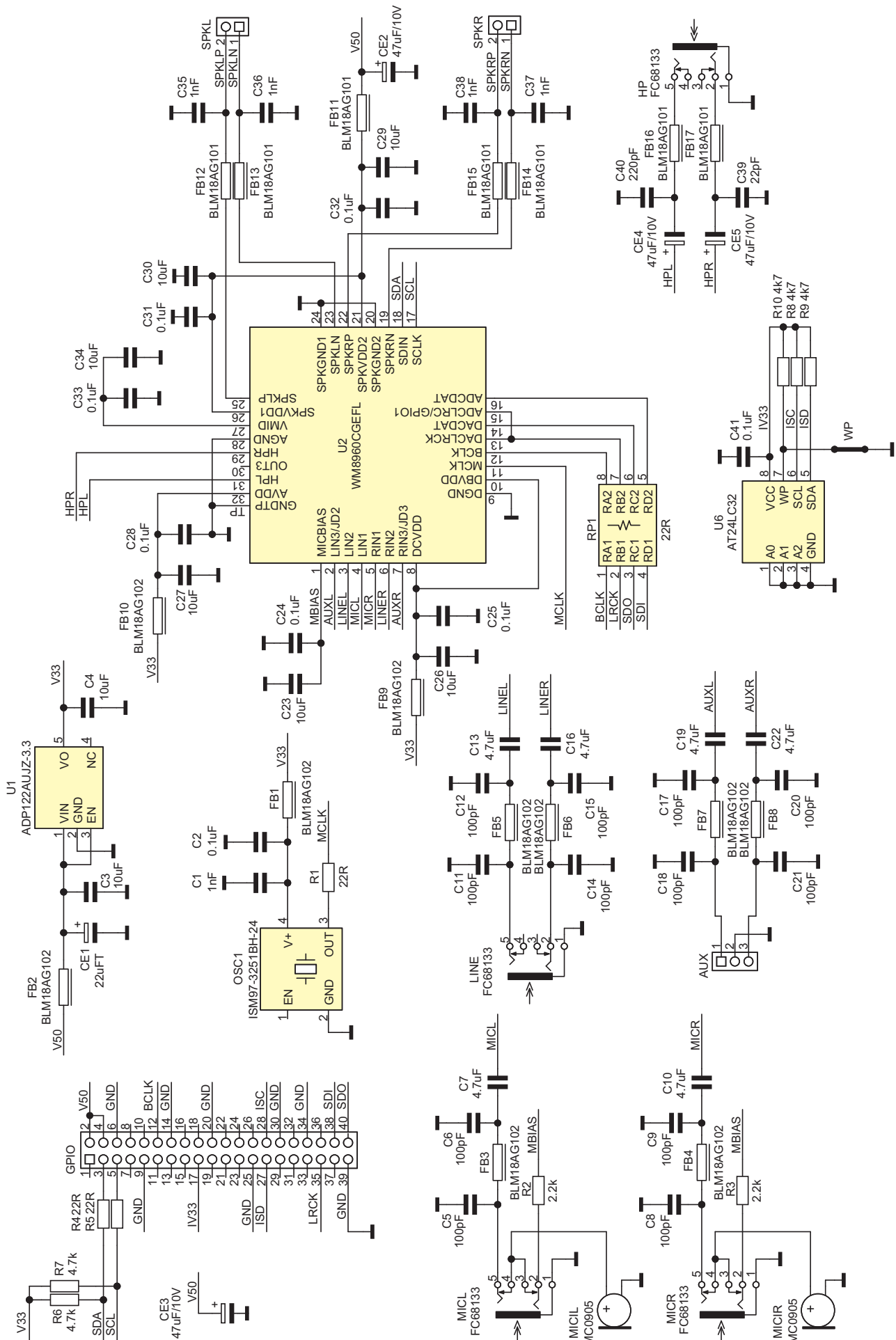
```
Subdevice #0: subdevice #0
card 0: ALSA [bcm2835 ALSA],
device 2: bcm2835 IEC958/HDMI1
[bcm2835 IEC958/HDMI1]
```

Subdevices: 1/1

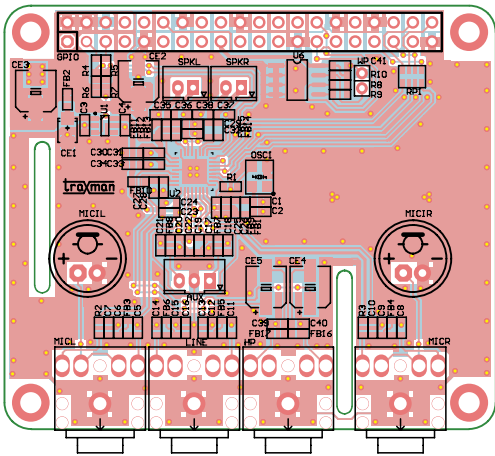
```
Subdevice #0: subdevice #0
card 1: wm8960soundcard [wm8960-soundcard],
device 0: bcm2835-i2s-wm8960-hifi wm8960-hifi-0 []
```

Subdevices: 1/1

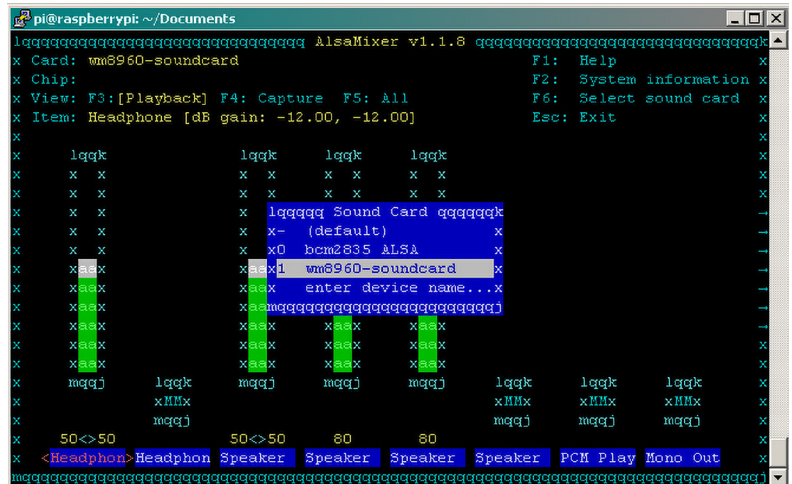
```
Subdevice #0: subdevice #0
```



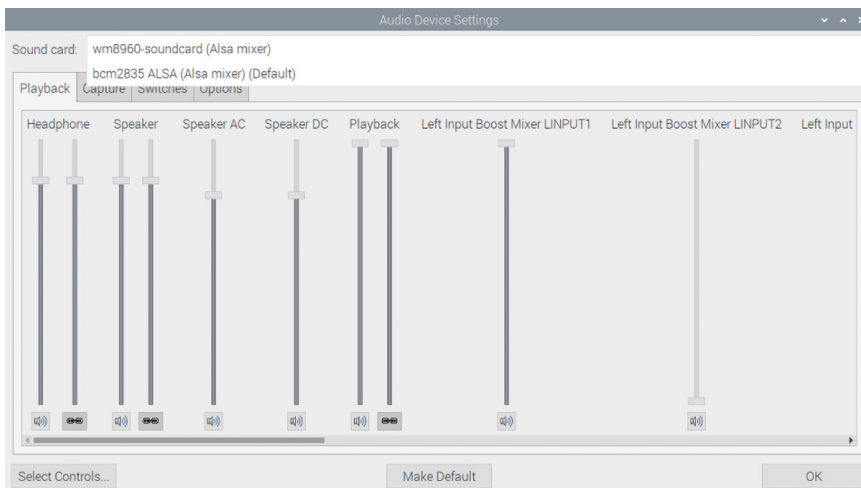
Rysunek 2. Schemat elektryczny modułu



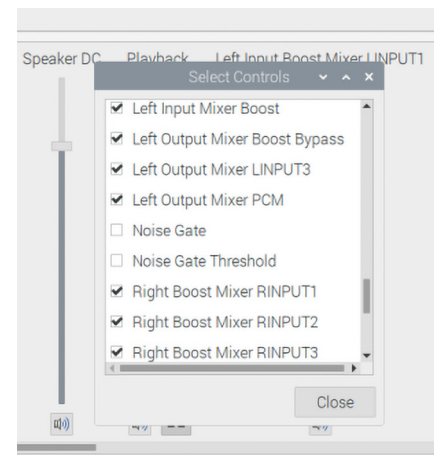
Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 4. Tekstowa nakładka miksera ALSA



Rysunek 5. Wybór karty w ALSA



Rysunek 6. Dostosowanie wyświetlanych kontrolki

Po sprawdzeniu instalacji i detekcji karty w systemie należy sprawdzić poprawność nagrywania dźwięku:

```
pi@raspberrypi:~$ sudo arecord
-f cd -Dhw:1 | aplay -Dhw:1
Recording WAVE 'stdin' : Signed
16 bit Little Endian, Rate 44100
Hz, Stereo
Playing WAVE 'stdin' : Signed 16
bit Little Endian, Rate 44100 Hz,
Stereo
Aborted by signal Interrupt...
i odtwarzania:
sudo aplay -D hw:1,0 test.wav
```

Ze względu na kilka wejść i wyjść oraz sporą ilość ustawień WM8960 konieczne jest posiłkowanie się mikserem audio. W tym celu uruchamiamy mikser ALSA:

```
sudo alsamixer
```

Tekstowa nakładka miksera wygląda jak na **rysunku 4**, w pierwszej kolejności wybieramy klawiszem F6 kartę z WM8960 (mogą być widoczne też źródła dźwięku z SoC BCM), klawiszami strzałek lewo/prawo przemieszczamy się po parametrach, klawiszami góra/dół zmieniamy wybraną wartość, klawiszem *m* możemy wyłączyć parametr np. wyciszysz wyjście. Opanowanie ustawień wymaga spojrzenia do dokumentacji kodeka i sprawdzenia przepływu sygnału i wpływu zmian ustawień na zapisywany i odtwarzany dźwięk. Szczególną uwagę trzeba poświęcić konfiguracji w torze mikrofonowym przy użyciu ALC/limitera/bramki szumów. Konfigurację można zapisać i odtworzyć z pliku korzystając z polecenia:

```
sudo alsactl store
sudo alsactl restore
```

Zdecydowanie wygodniejsza jest obsługa miksera w trybie graficznym. W tym celu uruchamiamy konfigurację audio z menu *Preferences* *Audio Device Settings*. Pierwszą czynnością jest wybór karty *wm8960-soundcard* (Alsa mixer) (**rysunek 5**). Następnie, warto dostosować wyświetlane kontrolki poprzez wybór *Select Controls*, co znacząco ułatwia sprawne poruszanie się po ustawieniach miksera (**rysunek 6**). Klawiszem *Make default* można ustawić domyślną kartę dźwiękową.

Do odtwarzania plików w konsoli można używać *aplay* (wav) lub *mpg123* (mp3), a w trybie graficznym VLC media player. Do nagrywania i obróbki dźwięku polecam program Audacity, po wcześniejszej konfiguracji aktywnych wejść i wyjść.

Adam Tatuś, EP

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

Zajrzyj na

www.ep.com.pl/EPwtoku