

Przenośny głośnik bluetooth

Projektowanie Urządzeń Elektronicznych

Prowadzący : Cezary Worek

Dawid Ilba, Elektronika 3 rok
Wydział Informatyki Elektroniki i Telekomunikacji
Akademia Górniczo-Hutnicza
Kraków 2020

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Założenia projektowe	3
3. Opis elementów	3
a) Pakiet ogniw Li-Ion	3
b) Moduł ładowania wraz z zabezpieczeniem	4
c) Przetwornica impulsowa step-up oparta o układ MT3608	4
d) Przetwornica impulsowa step-down oparta o układ LM2674M-3.3	5
e) Wzmacniacz audio TPA3116D2DAD	5
f) Moduł bluetooth BK8000L	6
g) Głośniki	7
4. Schemat blokowy i zasada działania	8
5. Schemat elektryczny	8
a) Układ zasilania	8
b) Wzmacniacz audio	9
c) Moduł Bluetooth	10
6. Symulacje	11
7. Projekt płytki PCB	14
8. Podsumowanie	15
9. Bibliografia	15

1. Wstęp

Przenośne głośniki bluetooth to bardzo popularne i użyteczne urządzenia. Pozwalają cieszyć się dobrym dźwiękiem przebywając nawet na świeżym powietrzu. Na rynku dostępne jest multum konstrukcji. Zdecydowanie najpopularniejszymi są głośniki przenośne firmy JBL. Sam posiadam głośnik tejże firmy i uważam, że gra bardzo dobrze, choć twierdzę, że da się to osiągnąć płacąc mniejszą ceną.

2. Założenia projektowe

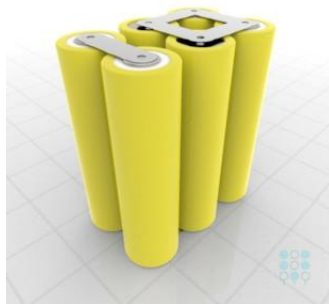
Moim celem było zaprojektowanie przenośnego głośnika bluetooth, który będzie charakteryzował się następującymi cechami :

- Cena za wszystkie elementy nie przekroczy kwoty 350zł
- Dobrym brzmieniem – czytając opinie użytkowników, oraz tych którzy sami zaprojektowali własne głośniki przenośne, zdecydowałem, że najlepszym wyborem będzie drewniana obudowa.
- Pasmo przenoszenia do minimum 12kHz – W swoim projekcie wykorzystam 2 głośniki nisko-średniotonowe, oraz 2 tweetery.
- Długa praca na baterii – Aby to osiągnąć wykorzystam układy o wysokiej sprawności, a także pakiet ogniw litowo-jonowych Li-Ion o odpowiedniej pojemności.
- Kompaktowe rozmiary – Zdecydowałem, że głośnik musi być takich rozmiarów, aby móc go spakować do plecaka. Niestety takie wymiary nie sprzyjają pasmu przenoszenia głośników niskotonowych. Stosując większy litraż obudowy, otrzymujemy niższe pasmo przenoszenia takich przetworników.

3. Opis elementów

a) Pakiet ogniw Li-Ion

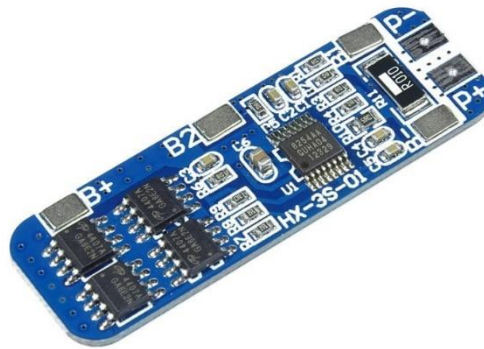
W swoim projekcie zdecydowałem się wykorzystać 6 ogniw Li-Ion Samsunga 18650 3.6V 2.75A 2900mAh połączonych w **pakiet 3S2P** (3 szeregowo po 2 równolegle). Dzięki czemu otrzymamy napięcie 10.8V, a w przypadku pełnego naładowania ogniw 12.6V, pojemność 5800mAh, wydajność prądową około 5,5A, co zapewni na wystarczająco długą pracę głośnika na akumulatorach. Wyższe napięcie ogniw jest nam potrzebne do przetwornicy step-up, ponieważ wykorzystany wzmacniacz ma maksymalną wydajność przy napięciu 24V.



Rys. 1 Pakiet 3S2P

b) Moduł ładowania wraz z zabezpieczeniem

Jako że wykorzystuję pakiet ogniw 3S, muszę mieć do niego odpowiedni moduł ładowania o napięciu 12.6V. Najpopularniejszą ładowarką jaką udało mi się znaleźć to moduł BMS 3S 10A. W internecie niestety nie ma jego datasheet'ów czy schematów, dlatego zdecydowałem się wykorzystać gotowy moduł. Aby przedłużyć żywotność ogniw, bardzo ważne są zabezpieczenia. Moduł ten posiada zabezpieczenia nadprądowe, przed zwarcieniem, przeładowaniem (napięcie wyższe niż 4.25V) oraz ochronę przed nadmiernym rozładowaniem (napięcie poniżej 3V). Jego maksymalny prąd ładowania to 8A.



Rys. 2 Moduł BMS 3S 10A

c) Przetwornica impulsowa step-up oparta o układ MT3608

Wzmacniacz audio wykorzystywany w projekcie osiąga moc maksymalną przy 24V. Aby wykorzystać cały jego potencjał zdecydowałem o użyciu przetwornicy impulsowej podwyższającej napięcie opartej o układ MT3608. Co prawda przetwornica ta ma zakres napięć wejściowych od 2V do 24V, i mogłaby pracować nawet z jednym ogniwem Li-Ion i na wyjściu generować 24V, jednak, aby ta różnica napięcia wejściowego i wyjściowego nie była, aż taka duża zdecydowałem o wyborze pakietu ogniw.

Przetwornica impulsowa w swoim działaniu wykorzystuje zjawisko samoindukcji (dzięki czemu może podnosić napięcie) oraz modulację PWM. Jako że wykorzystujemy ją do zastosowań audio częstotliwość przełączania powinna być dużo większa od częstotliwości akustycznych (powyżej 20kHz). Układ MT3608 ma tę częstotliwość równą 1,2MHz. Maksymalny prąd jaki generuje to 2A. Wzmacniacz audio Texas Instruments TPA3116D2DAD nie pobierze więcej niż 2A w związku z tym przetwornica oparta o ten układ jest doskonałym wyborem.

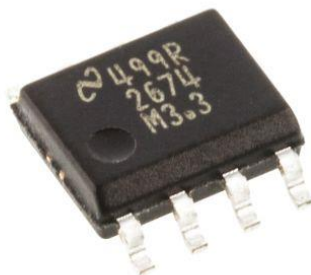


Rys. 3 MT3608 w obudowie SOT23-6

d) Przetwornica impulsowa step-down oparta o układ LM2674M-3.3

W projekcie wykorzystuję moduł bluetooth, który do poprawnego działania wykorzystuje napięcie 3.3V. Jako, że napięcie pobierane z pakietu ogniów będzie wynosiło maksymalnie 12.6V, konieczne jest wykorzystanie przetwornicy impulsowej, a nie stabilizatora liniowego, ponieważ różnica napięć jest spora i stabilizator mógłby się przegrzewać. Dodatkowo przetwornice impulsowe mają wysoką sprawność i straty mocy są niewielkie.

Przetwornicą którą zastosuję jest układ produkcji Texas Instruments LM2674M-3.3. Zakres napięcia wejściowego to od 8V do 40V (w naszym przypadku 10,8V-12.6V). Maksymalny prąd jaki może wygenerować to 500mA. Moduł bluetooth pobiera maksymalnie 65mA. Częstotliwość przełączania przetwornicy to 260kHz.

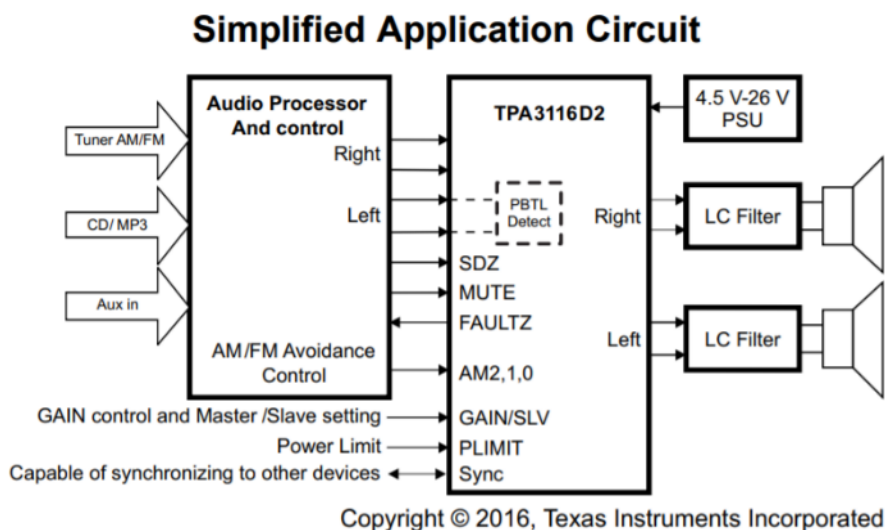


Rys.4 LM2674M SOIC 8 Pin

e) Wzmacniacz audio TPA3116D2DAD

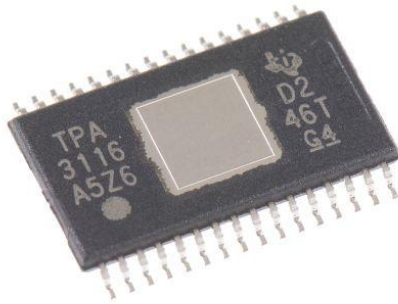
Jest to wzmacniacz mocy audio pracujący w klasie D. Ta klasa wzmacniaczy charakteryzuje się wysoką sprawnością układów na poziomie około 90%, i wykorzystuje modulację szerokości impulsów – PWM. Elementy wykonawcze są albo całkowicie otwarte, albo zatkane.

Układ TPA3116D2DAD osiąga moc maksymalna 2x50W przy 4Ω dla napięcia wejściowego równego 24V. Może on pobrać maksymalnie 2A prądu.



Rys. 5 Uproszczony obwód aplikacji

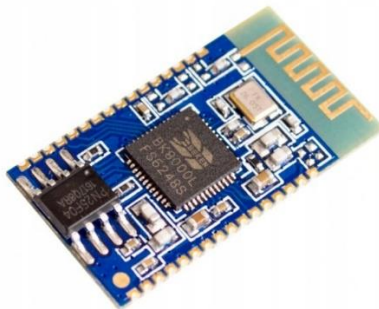
W przypadku mojego projektu układem do zarządzania dźwiękiem, będzie układ bluetooth BK8000L, który zostanie połączony ze wzmacniaczem poprzez wejścia analogowe.



Rys. 6 TPA3116D2DAD w obudowie HTSSOP 32Pin

f) Moduł bluetooth BK8000L

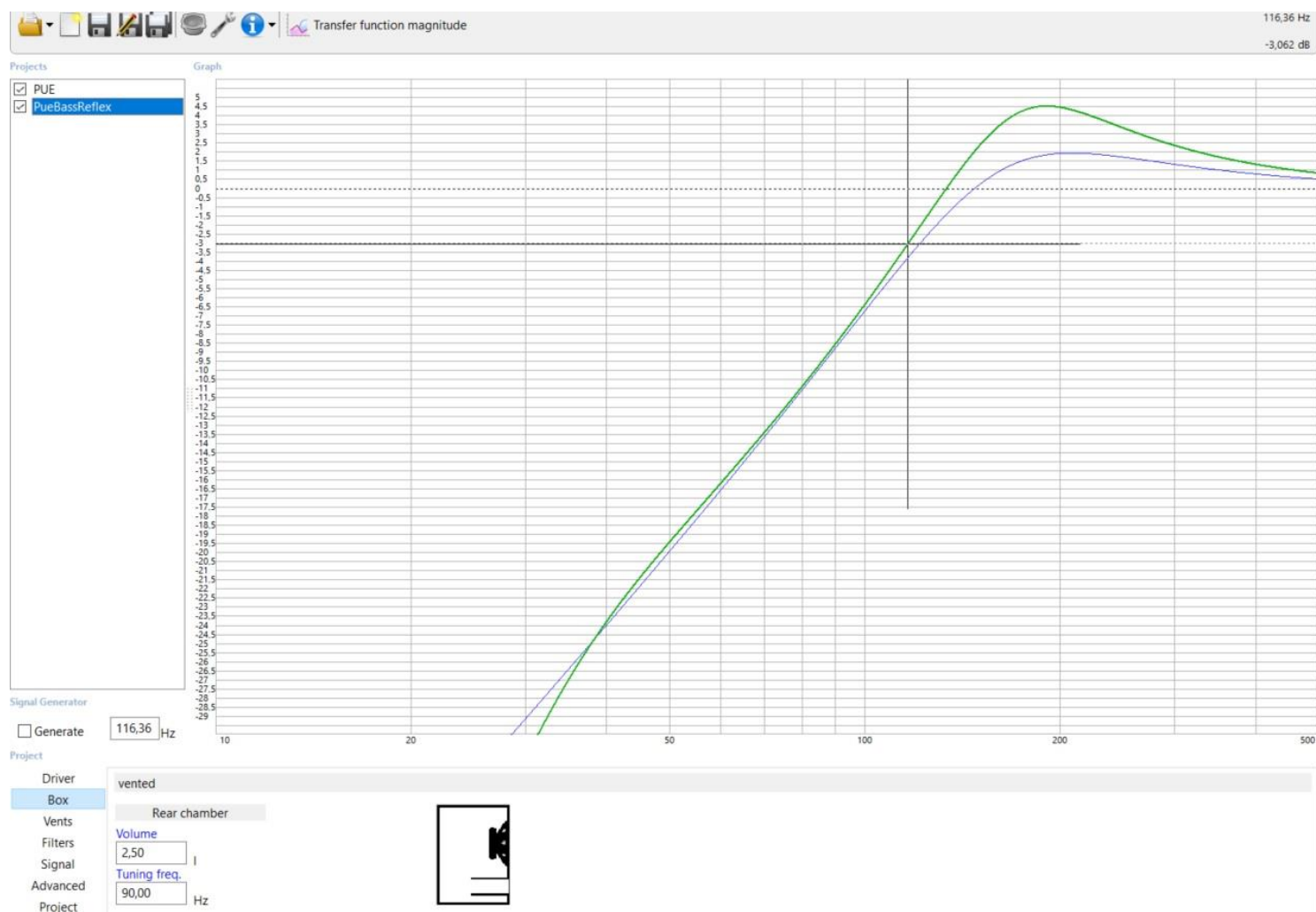
Moduł ten posiada wewnętrzny konwerter ADC, który konwertuje linię stereo na dźwięk cyfrowy. Jego napięcie operacyjne wynosi od 2.8V do 4.2V. W moim projekcie wykorzystam dodatkowe przyciski modułu do sterowania głośnością oraz zmianą utworów. Dodatkowo zastosuję diody sygnalizujące pracę urządzenia.



Rys.7 Moduł BK8000L

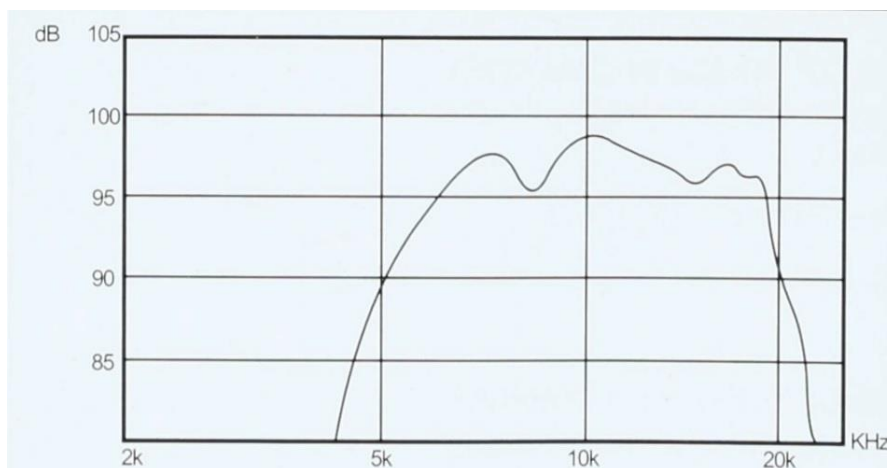
g) Głośniki

Aby jakość dźwięku była bardzo dobra postanowiłem wykorzystać 2 głośniki nisko-średniotonowe Monacor SP-60/4 oraz 2 Tweetyry ALDA TW17. Niestety producent głośników wysokotonowych nie udostępnił wszystkich danych potrzebnych do przesymulowania ich w programie WinISD. Udało mi się natomiast przesymulować głośniki nisko-średniotonowe. Jako że obudowa jest kompaktowych rozmiarów pasmo przenoszenia jest ograniczone, choć zadowalające. Poniżej zamieszczam zrzuty ekranu z symulacji. Zielona linia to obudowa wentylowana bass reflex, a niebieska to obudowa zamknięta. W obu przypadkach objętość netto obudowy przyjąłem 2,5L. Najniższe pasmo udało mi się osiągnąć strojąc konstrukcję na 90Hz. Mamy wtedy pasmo przenoszenia od 116Hz.



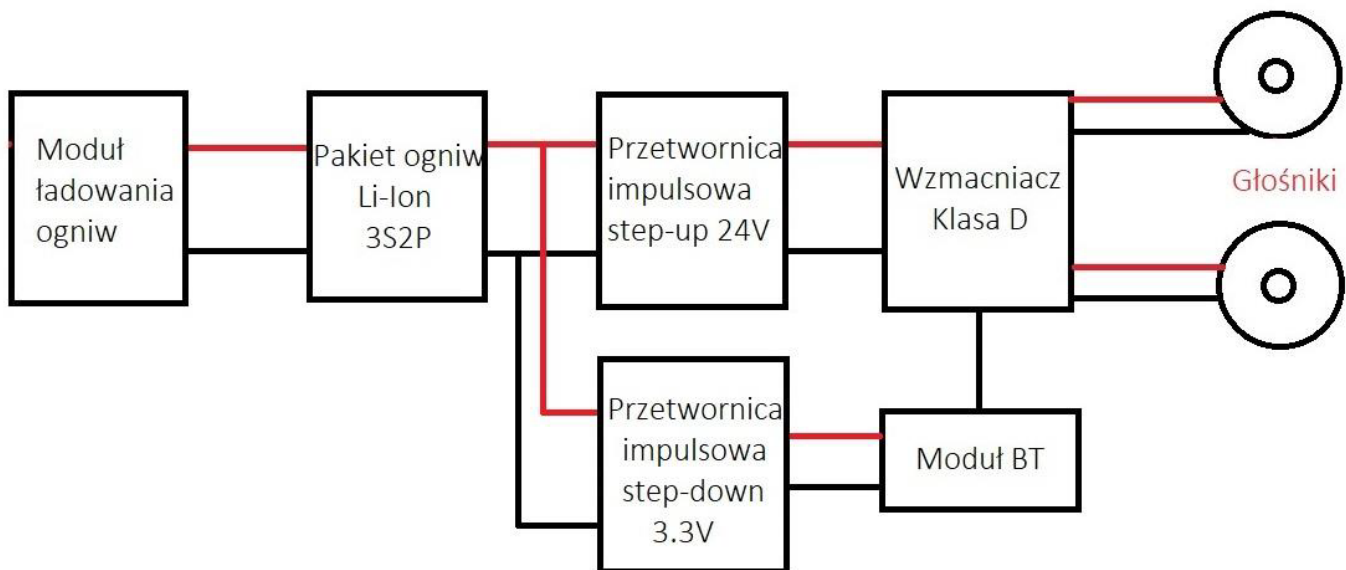
Rys. 8 Symulacja głośników nisko-średniotonowych

Co do głośników wysokotonowych udało mi się tylko znaleźć charakterystykę przenoszenia opublikowaną przez producenta. Wiemy z niej, że będą przenosić dźwięk bardzo dobrze w zakresie 8kHz do 19kHz (do 8kHz przenosi głośnik Monacor). Podsumowując pasmo mojego głośnika przenośnego będzie wynosić od 116Hz do około 19kHz.



Rys 9. Charakterystyka przenoszenia ALDA TW-17

4. Schemat blokowy i zasada działania



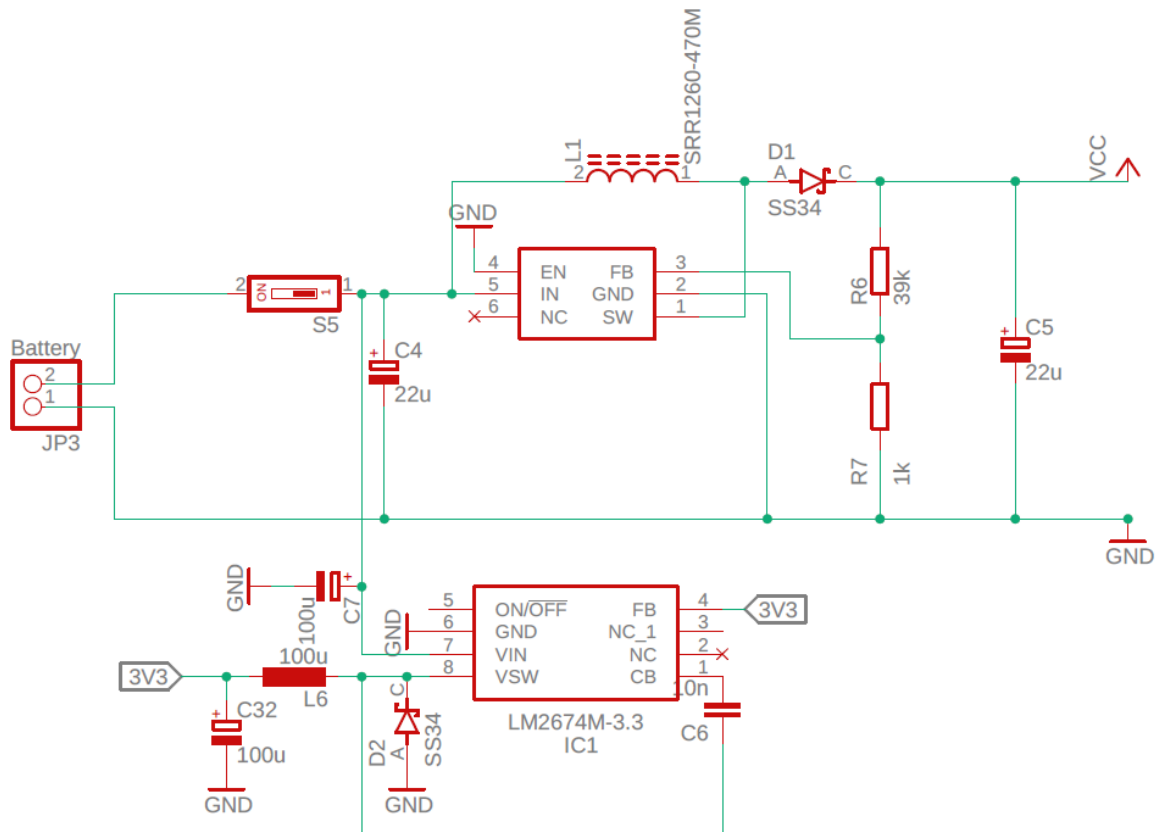
Rys. 10 Schemat blokowy

Zasada działania głośnika bluetooth jest prosta i opiera się, na kilku podstawowych blokach. Pierwszym z nich jest pakiet ogniw. Dostarczane z niego napięcie jest podwyższane przez przetwornicę impulsową step-up i dostarczane wzmacniaczowi audio pracującego w klasie D, a także obniżane przez przetwornicę step-down i dostarczane modułowi bluetooth. Ogniw ładowane są przez moduł ładowania ogniw BMS 3S. Wzmacniacz audio przekazuje moc głośnikom 4Ω . Wzmocnienie wzmacniacza jest stałe i wynosi 30dB. Głośnością i zmianą utworów steruje moduł bluetooth.

5. Schemat elektryczny

a) Układ zasilania

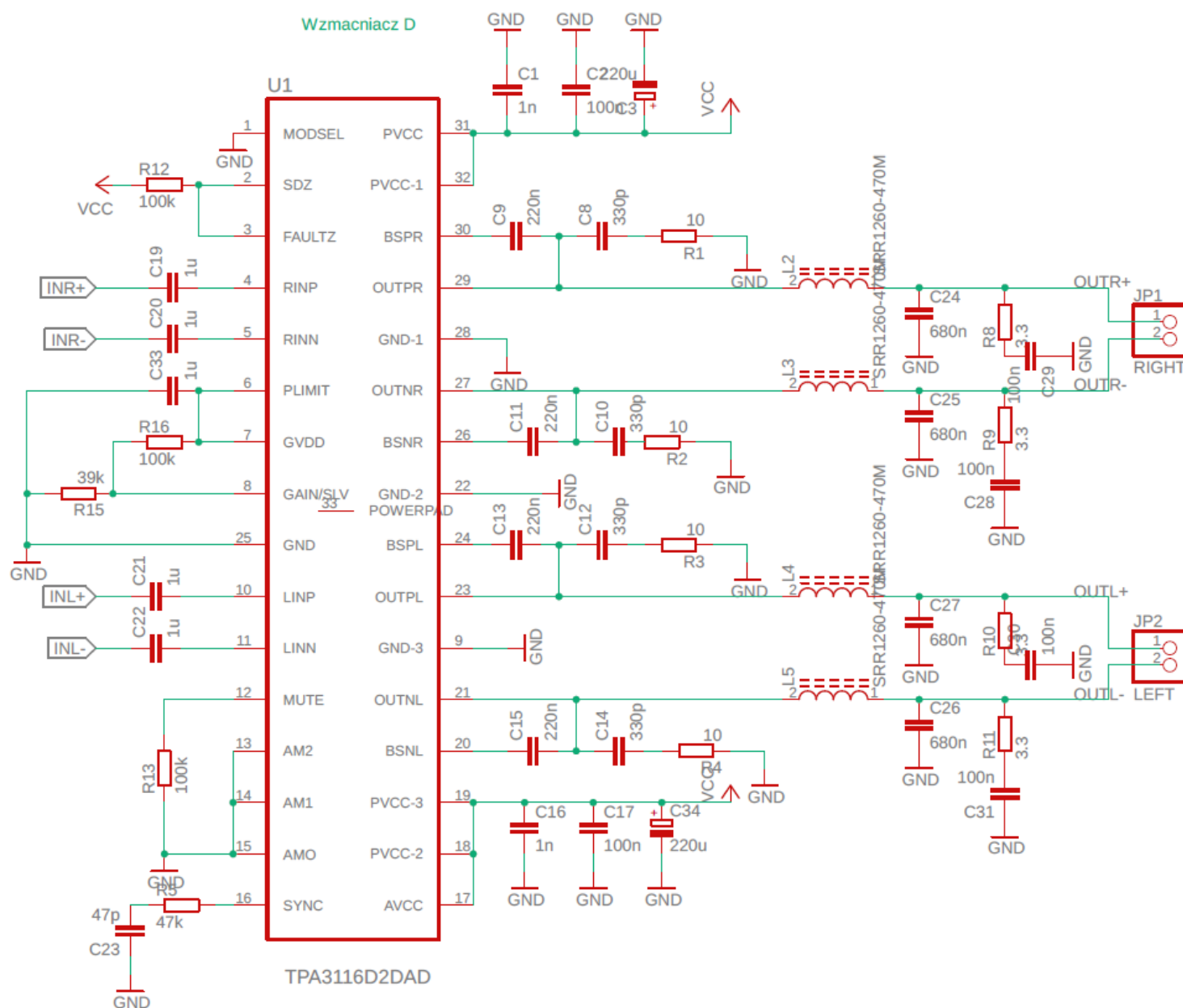
Poniżej prezentuję schemat układu przetwornic 24V oraz 3.3V. Całość została zaprojektowana zgodnie z wytycznymi znajdującymi się w datasheet'ach układów. Układ przetwornicy MT3608 pozwala na osiągnięcie różnych wartości napięcia wyjściowego. Dobór rezystorów $R6 = 39k$ oraz $R7 = 1k$ powoduje, że przetwornica na wyjściu generuje 24V.



Rys. 11 Schemat elektryczny – przetwornice

b) Wzmacniacz audio

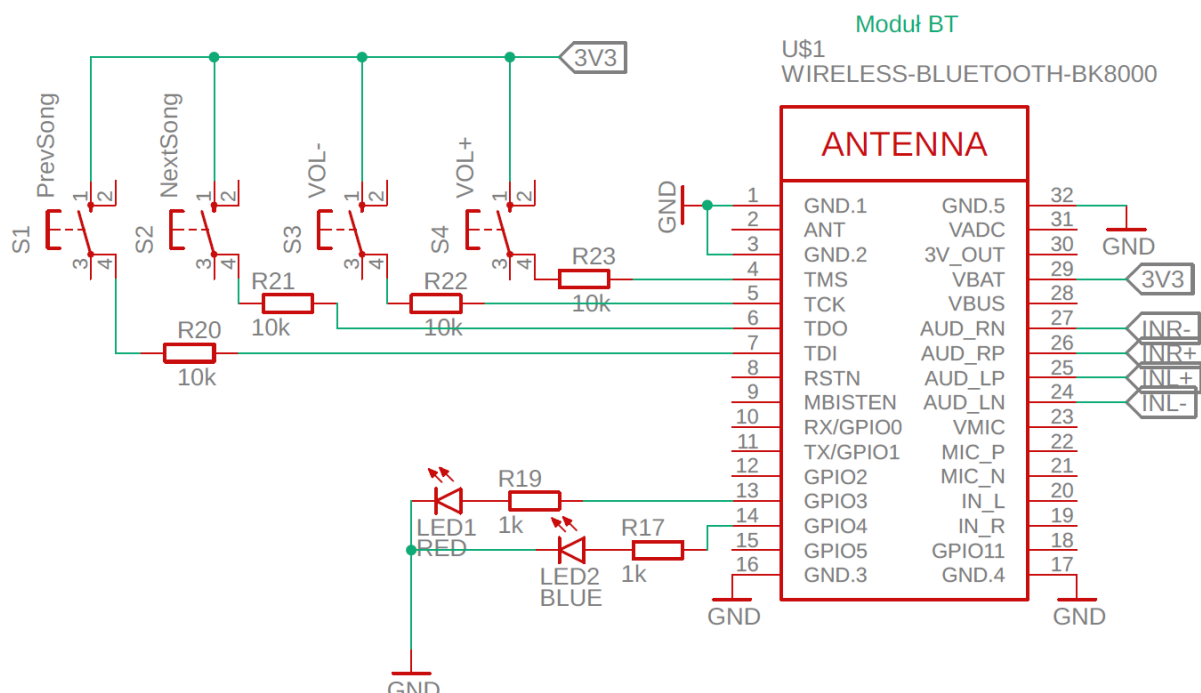
W przypadku mojego projektu wzmacniaczem audio jest układ Texas Instruments TPA3116D2DAD w obudowie HTSSOP 32Pin. Pracuje on w trybie master, a jego wzmacnienie ustawione jest na 30dB. Podczas tworzenia schematu stosowałem się do uwag i zaleceń producenta. W projekcie płytki PCB zostało przewidziane miejsce na dodatkowy radiator w przypadku, gdyby układ osiągał zbyt wysokie temperatury.



Rys. 12 Schemat elektryczny – wzmacniacz

c) Moduł Bluetooth

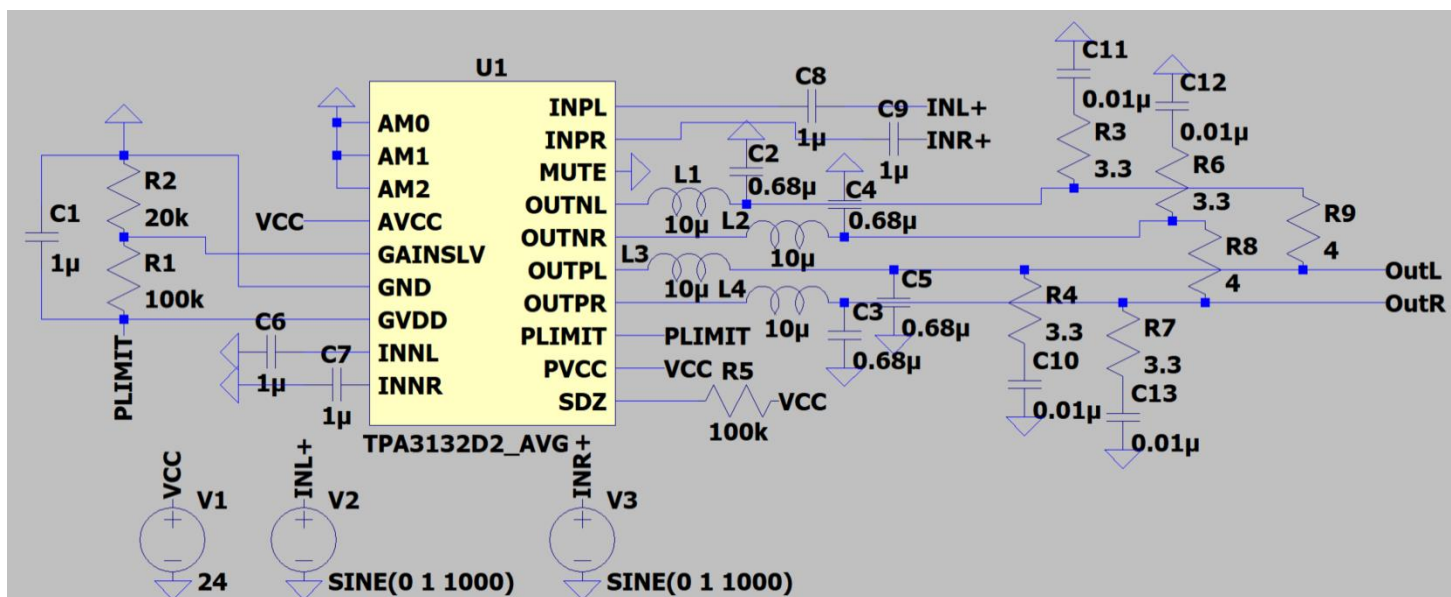
Poniżej przedstawiam schemat elektryczny do modułu bluetooth BK8000L. Uwaga – moduł posiada już wbudowaną antenę.



Rys. 13 Schemat elektryczny – Moduł Bluetooth

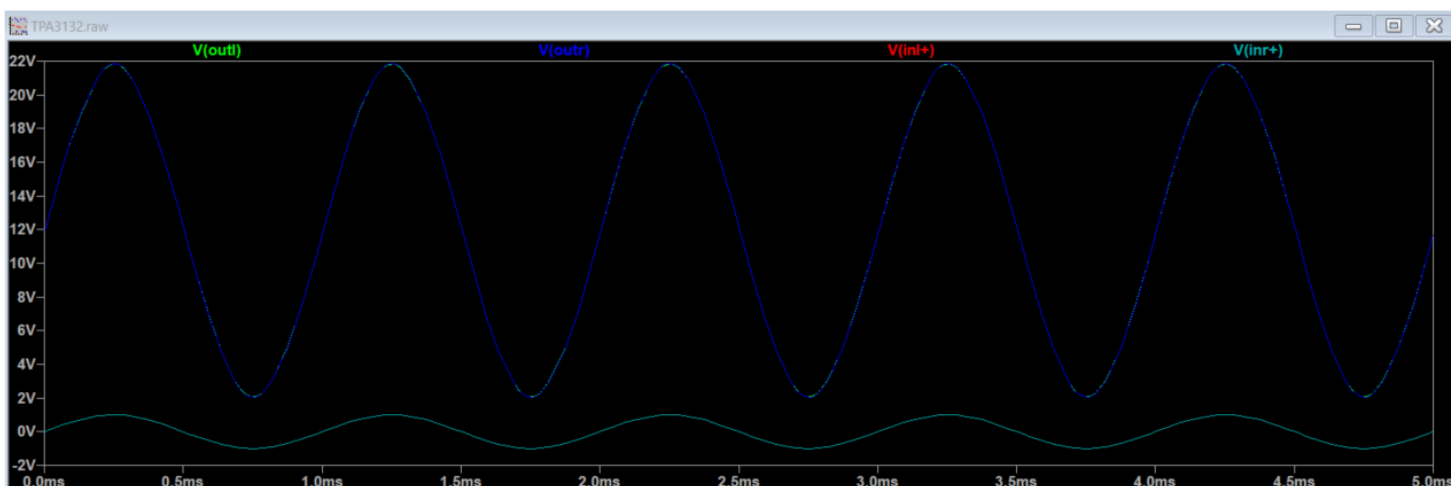
6. Symulacje

Przeprowadzając symulacje w programie LTSpice natknąłem się na kilka problemów. Niestety, ale żaden z układów nie był dostępny w programie. Konieczne było samodzielne dodanie symbolu do symulatora posługując się modelem PSpice układu. Ważne jest, aby model PSpice nie był zaszyfrowany, ponieważ w LTSpice jest bezużyteczny. Sam spotkałem się z tym problemem w przypadku dodania układu wzmacniacza TPA3116. Niestety, ale cały schemat który zrobiłem i symbol był do usunięcia. Na szczęście udało mi się znaleźć na stronie Texas Instruments analogiczny model wzmacniacza TPA3132, który jest nieco słabszy od tego który wybrałem, ale model Pspice był już poprawny. Stworzyłem jego symbol w LTSpice (dodany jest także w moim repozytorium) i przeprowadziłem jego symulację. Jak widać po schemacie połączenia układów wzmacniaczy są do siebie bardzo podobne.



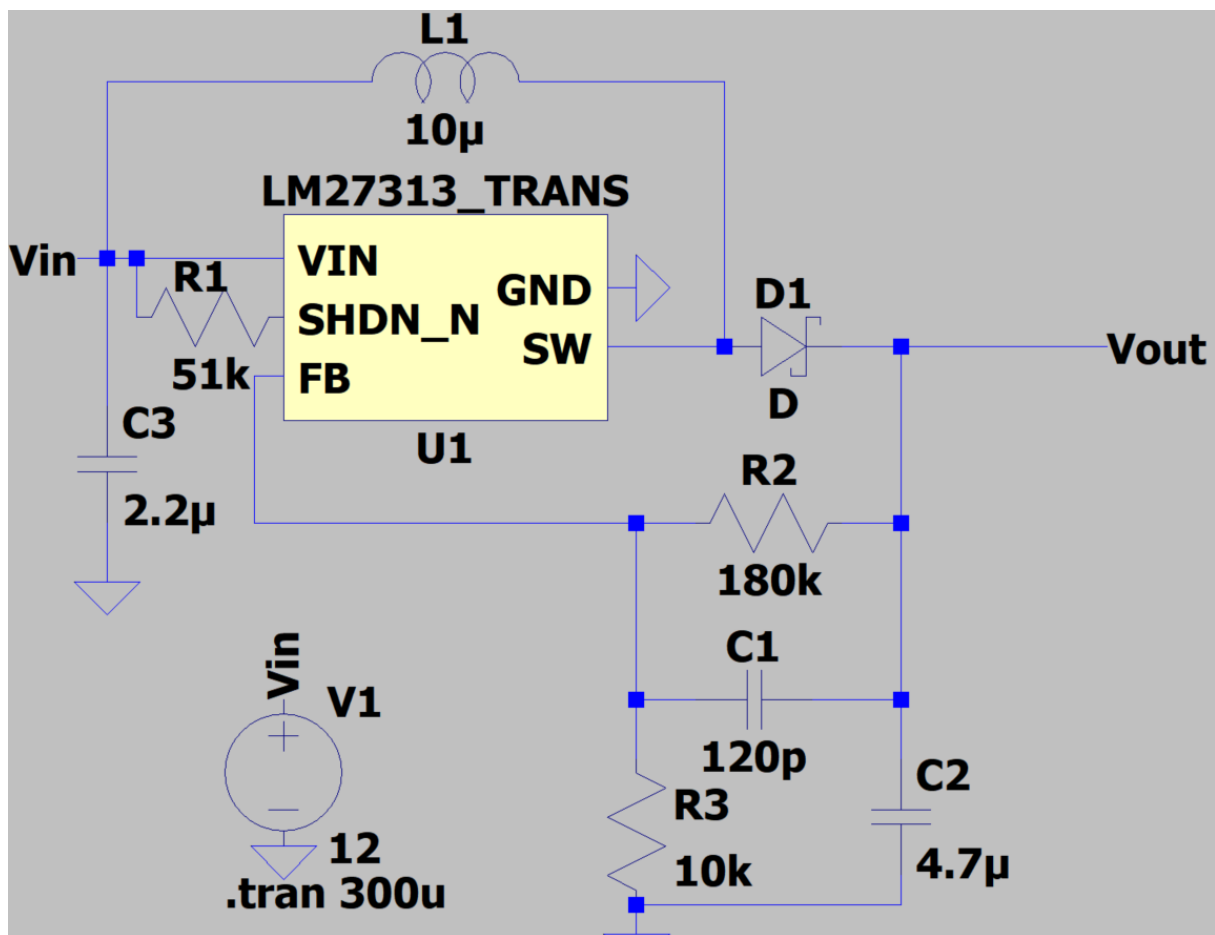
Rys. 14 Schemat symulacji wzmacniacza

Poniżej zamieszczam symulację transient wzmacniacza. Jak widać działa on poprawnie.

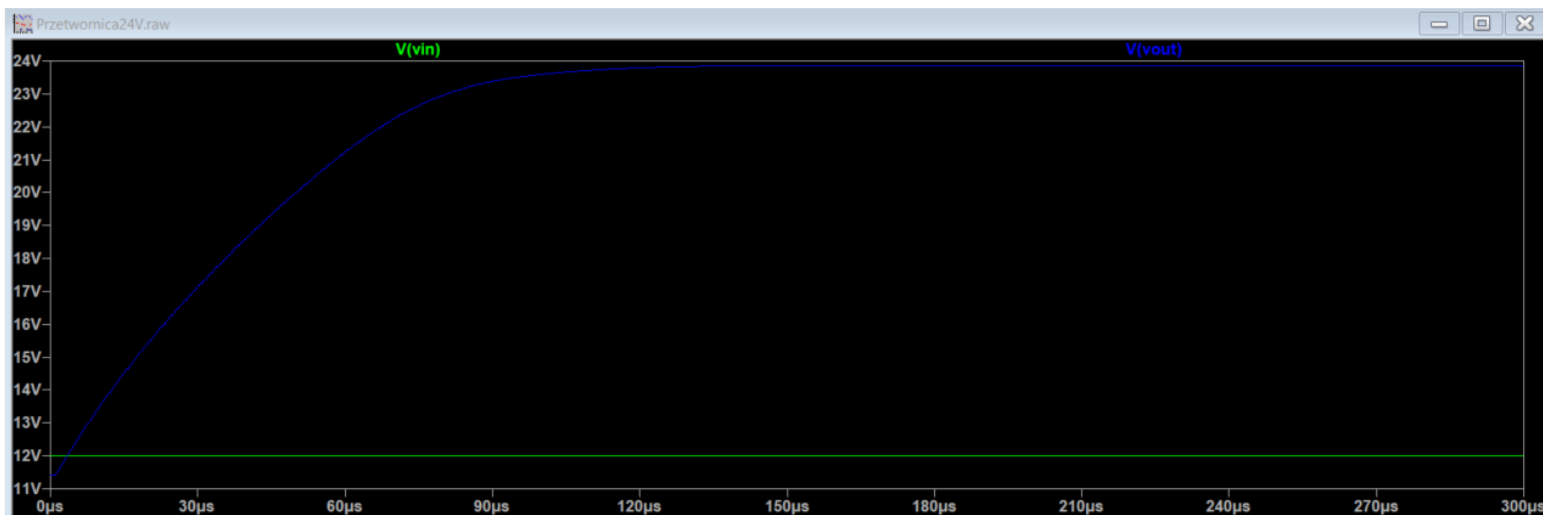


Rys. 15 Symulacja wzmacniacza.

Niestety nie udało mi się znaleźć modelu Pspice użytych przeze mnie przetwornic. Do symulacji wykorzystałem bardzo podobną przetwornicę podwyższającą napięcie firmy Texas Instruments model LM27313, której plik Pspice udało mi się znaleźć na ich stronie internetowej.

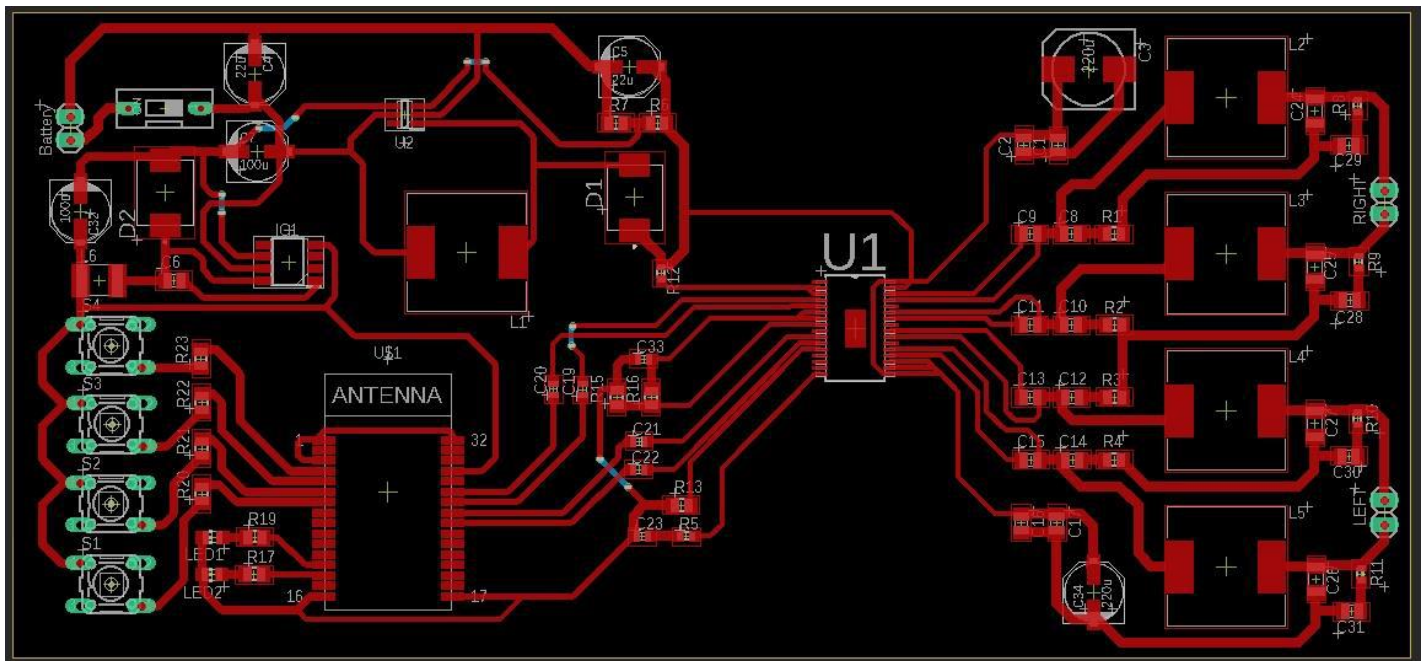


Rys. 16 Schemat wykorzystany do symulacji



Rys. 17 Symulacja przetwornicy

7. Projekt płytki PCB



Rys. 18 Płytki PCB przed wylaniem masy.

Projekt płytki prezentuje się następująco. Małe uwagi co do płytki : Element Antena modułu bluetooth jest już zintegrowany z płytką i nie ma potrzeby jego tworzenia na płytce PCB, na płytce można dodać dodatkowe chłodzenie układu wzmacniacza.

8. Kosztorys

Ogniwa	60
Ładowarka ogniw BMS	9,5
MT3608 SOT23-6	1
TI LM2674-3.3	17,78
TPA3116D2DAD	15,36
BK8000L BT	25,2
Monacor SP60/4	106
Tweetery Alda	19,9
Cewka SRR1260 5szt	28,15
MDF 10mm format B1	21
Okleina meblowa	10
Kondensatory i rezystory	15
	328,89

9. Podsumowanie

Projektowanie przenośnego głośnika bluetooth było interesującym i pouczającym zajęciem. Na podstawie zebranych danych i symulacji stwierdzam, że w rzeczywistości zaprojektowany układ będzie działał. Zastosowane elementy z pewnością wystarczyłyby na zastosowanie w przyszłości znacznie wydajniejszych i droższych przetworników akustycznych. Dodatkowo na płytce PCB zostało pozostawione miejsce na zastosowanie dodatkowych radiatorów.

10. Bibliografia

1. [TPA3116D2 datasheet](#)
2. [MT3608 datasheet](#)
3. [LM2674M datasheet](#)
4. [BK8000L datasheet](#)
5. [Moduł ładowania BMS informacje](#)
6. [Model PSpice TPA3132D2](#)
7. [Model PSpice LM27313](#)