

DOKUMENTACJA URZĄDZENIA

Głośnik plazmowy

5 marca 2020

Autorzy projektu:

Kewin Gałuszka nr albumu 241624

Roman Buszko nr albumu 241525

Prowadzący:

Mgr inż. Paweł Dobrowolski

Spis treści

Cel projektu	2
Założenia projektowe	2
Budowa urządzenia	2
Zasilacz	2
Sekcja PWM	2
Stopień mocy	3
Sterownik wentylatora	3
Transformator	3
Sygnalizacja działania	4
Obliczenie częstotliwości sygnału PWM	4
Schematy i elementy	5
Schemat blokowy	5
Schemat uproszczony budowy wewnętrznej układu TL494CN	6
Schemat ideowy	7
Układ wyprowadzeń transformatora	8
Spis elementów	9
Layout PCB	10
Oscylogramy	11
Napotkane problemy i rozwiązania	13
Uszkodzenie tranzystora stopnia mocy	13
Wysoka temperatura tranzystora stopnia mocy	13
Bibliografia	14

Cel projektu

Celem projektu było zaprojektowanie urządzenia pozwalającego odtworzyć dźwięk przez modulację częstotliwości łuku elektrycznego.

Założenia projektowe

Urządzenie zgodnie z założeniami miało być niewielkiej wielkości, posiadać możliwość regulacji parametrów łuku elektrycznego oraz odtwarzać dźwięk bez jego przekształcenia w inną postać np. MIDI. Dodatkowo założono, iż urządzenie musi posiadać włączniki kolejnych sekcji zasilających oraz wentylację celem sprawnego chłodzenia elementów wykonawczych.

Budowa urządzenia

Zasilacz

Sekcja zasilacza została zaprojektowana w oparciu o mostek Greatza o maksymalnym dopuszczalnym prądzie 25A. Z uwagi na duże zmiany w pobieraniu prądu przez układ, postanowiono użyć dwóch kondensatorów o pojemności $4700\mu F$ celem zniwelowania tętnień.

Sekcja zasilania układu TL494CN została zbudowana w oparciu o układ stabilizatora liniowego LM7812. Wszystkie linie zasilania posiadają kondensatory $100\mu F$ celem zabezpieczenia układu przed wzbudzeniami. Linia 12V dodatkowo jest filtrowana przez kondensator $4700\mu F$.

Sekcja PWM

Układ został zaprojektowany w oparciu o układ generatora PWM - TL494CN. Za pomocą potencjometrów istnieje możliwość regulacji wypełnienia oraz częstotliwości generowanego sygnału. Układ ma możliwość modulowania sygnału. Z uwagi na to, iż układ generuje sygnał o wysokiej częstotliwości, postanowiono jak najbliżej jego wyprowadzeń zasilania umieścić kondensatory tantalowe.

Stopień mocy

W stopniu mocy elementem wykonawczym jest tranzystor MOSFET IRFP240, który zabezpieczono diodą z uwagi na możliwości przebiegów podczas przełączania zasilania transformatora, które wynikają z charakterystyki pracy uzwojenia pierwotnego transformatora. Układ posiada również część rozładowania bramki tranzystora MOSFET.

Sterownik wentylatora

Sterownik wentylatora został zbudowany w oparciu o tranzystor MOSFET IRF9540, którego praca jest regulowana przez termistor NTC. Istnieje możliwość ręcznego dopasowania punktu uruchomienia wentylatora oraz charakterystyki jego pracy za pomocą potencjometru montażowego.

Transformator

Analizując dokumentację techniczną transformatora zauważono, iż pracuje on w szerokim zakresie częstotliwości od ok 1 do 25kHz. Aby nie doprowadzać do nasycenia rdzenia, co byłoby widziane z poziomu tranzystora jako zwarcie, postanowiono dopasować działanie generatora PWM do powyższych wytycznych. Obliczono liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego z założeniem, iż na wyjściu porządane jest 20kV. Założono napięcie zasilania uzwojenia pierwotnego 20VDC. Uzwojenie wtórne posiada 5000 zwojów.

$$n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

U_1 - napięcie na uzwojeniu pierwotnym

U_2 - napięcie na uzwojeniu wtórnym

Z_1 - ilość zwojów uzwojenia pierwotnego

Z_2 - ilość zwojów uzwojenia wtórnego

$$n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{20000}{20} = 1000$$

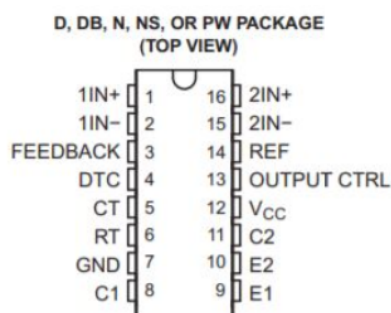
$$n = \frac{z_2}{z_1} \rightarrow z_1 = \frac{z_2}{n} = \frac{5000}{1000} = 5$$

Sygnalizacja działania

Sygnalizacja działania poszczególnych części układu została zrealizowana poprzez diody LED wskazujące poprawne działanie sekcji zasilania.

Obliczenie częstotliwości sygnału PWM

Częstotliwość działania generatora jest dobierana za pomocą rezystora R_T i kondensatora R_C .



Pin Functions

PIN		TYPE	DESCRIPTION
NAME	NO.		
1IN+	1	I	Noninverting input to error amplifier 1
1IN-	2	I	Inverting input to error amplifier 1
2IN+	16	I	Noninverting input to error amplifier 2
2IN-	15	I	Inverting input to error amplifier 2
C1	8	O	Collector terminal of BJT output 1
C2	11	O	Collector terminal of BJT output 2
CT	5	—	Capacitor terminal used to set oscillator frequency
DTC	4	I	Dead-time control comparator input
E1	9	O	Emitter terminal of BJT output 1
E2	10	O	Emitter terminal of BJT output 2
FEEDBACK	3	I	Input pin for feedback
GND	7	—	Ground
OUTPUT CTRL	13	I	Selects single-ended/parallel output or push-pull operation
REF	14	O	5-V reference regulator output
RT	6	—	Resistor terminal used to set oscillator frequency
V _{CC}	12	—	Positive Supply

Rysunek 1: TL494CN

Częstotliwość jest obliczana ze wzoru:

$$\frac{1}{R_T \cdot C_T} = f$$

Założono dolną częstotliwość graniczną 1kHz i kondensator 100nF .

$$\frac{1}{(100 \cdot 10^{-9}) \cdot 5000} = 2000\text{Hz}$$

$R_T = 5\text{k}\Omega$.

Przyjęto, więc potencjometr z szeregu - $5\text{k}\Omega$.

Założono górną częstotliwość graniczną około 20kHz i kondensator 100nF .

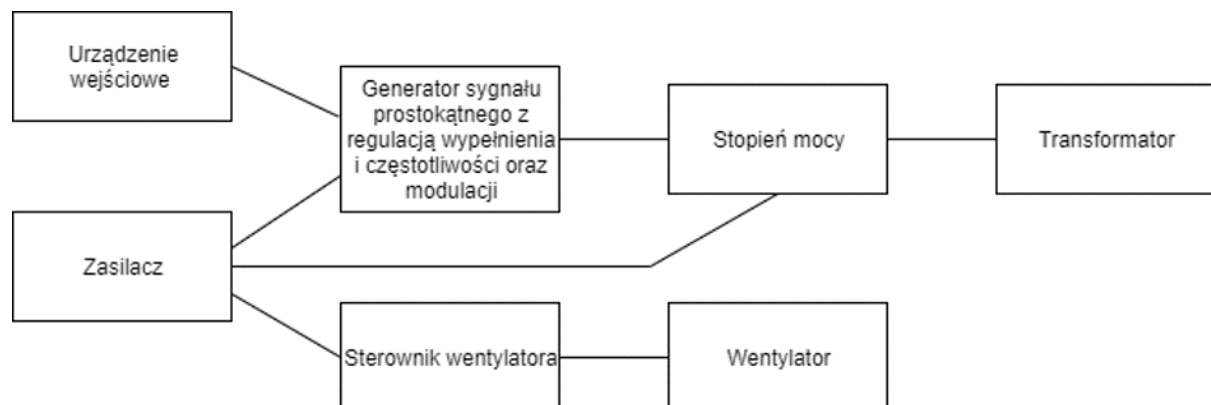
$$\frac{1}{(100 \cdot 10^{-9}) \cdot R_T} = 20000\text{Hz}$$

$R_T = 500\Omega$.

Przyjęto rezystor maksymalnej częstotliwości z szeregu E24 – 510Ω

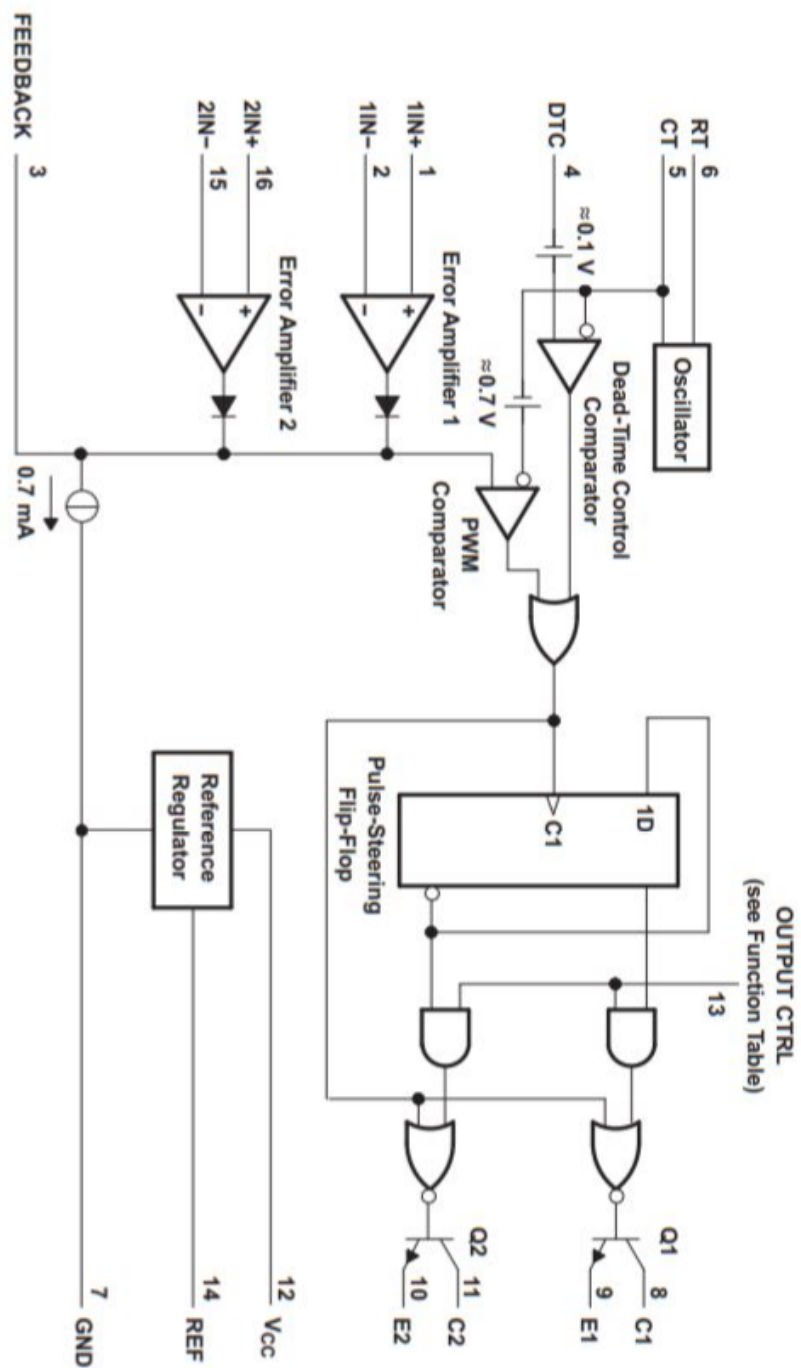
Schematy

Schemat blokowy



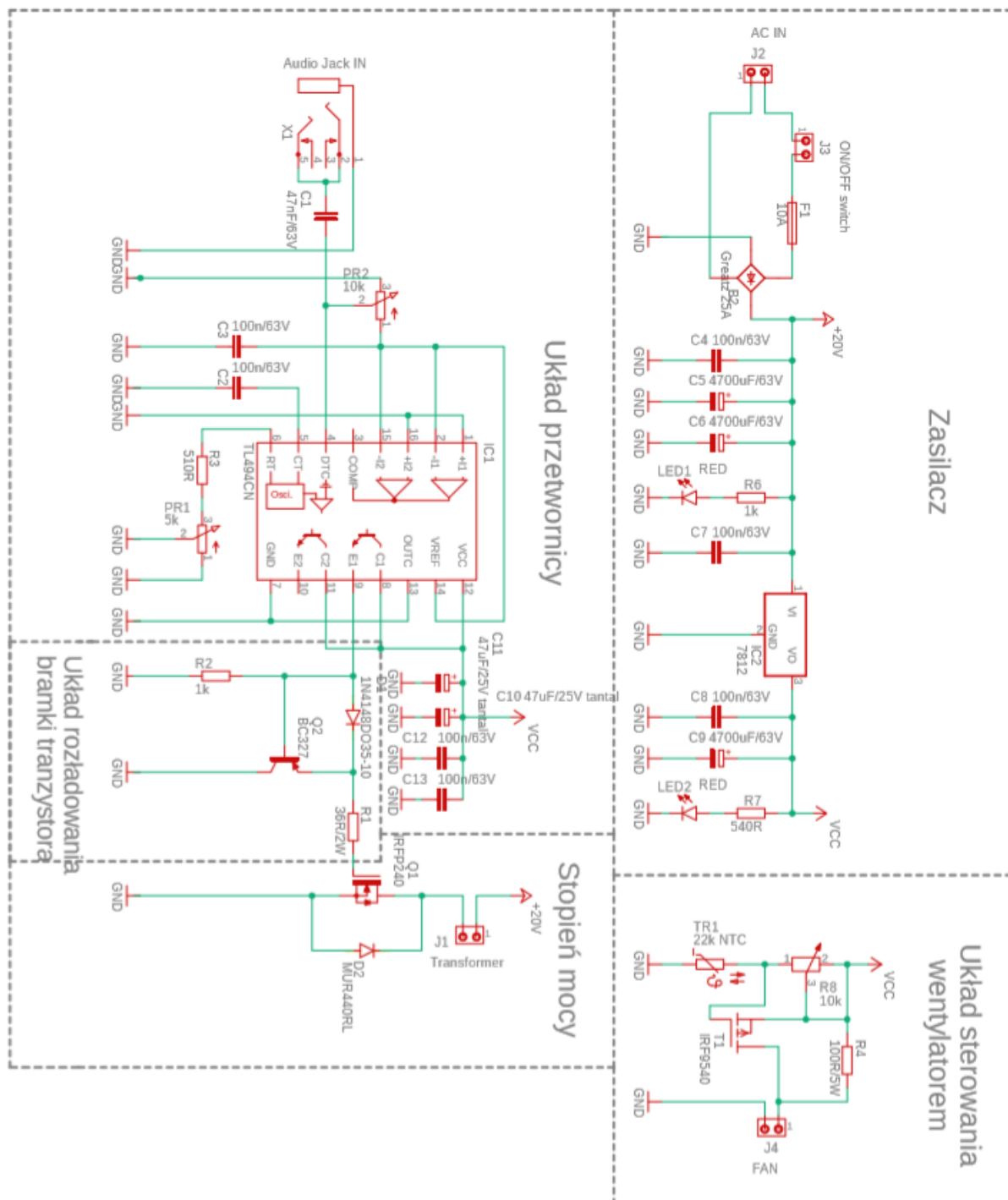
Rysunek 2: Schemat blokowy

Schemat uproszczony budowy wewnętrznej układu TL494CN



Rysunek 3: Schemat uproszczony budowy wewnętrznej układu TL494CN

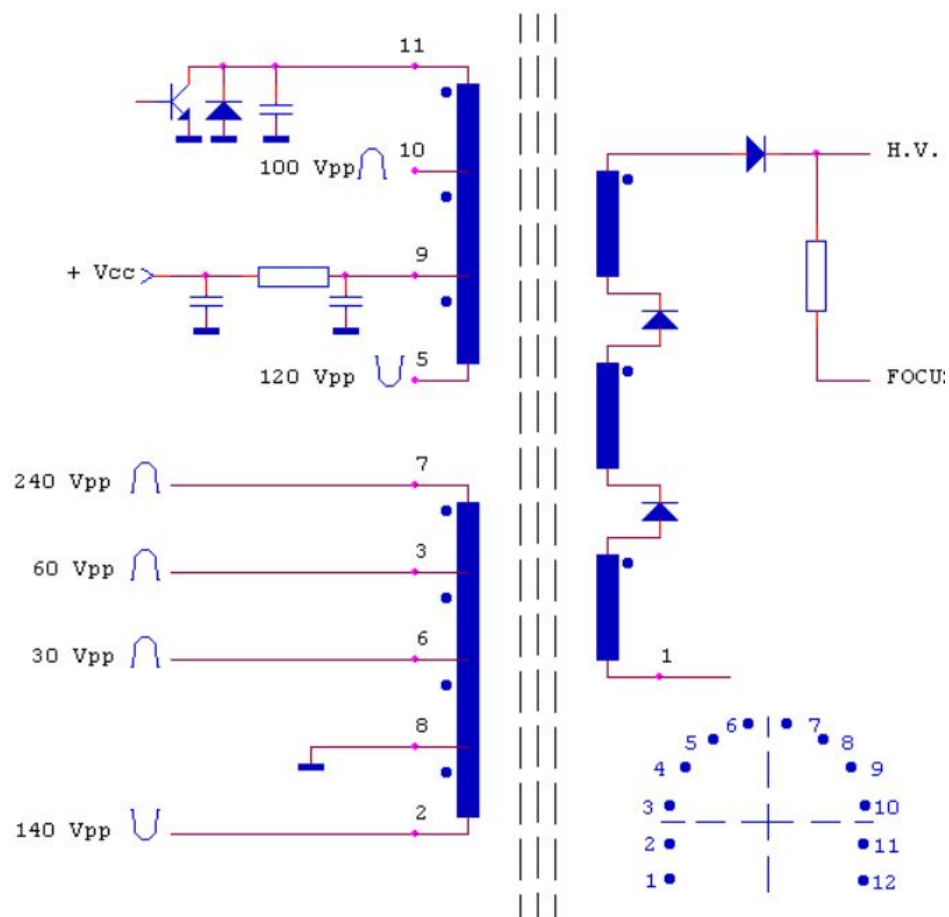
Schemat ideowy



Układ wyprowadzeń transformatora



HR 6517



INSTRUM.	MAT	+	COL	⊥ A	⊥ 1	⊥ 2	⊥ 3	TYPE
STVDST-01	31.2	9	11	1	8			110

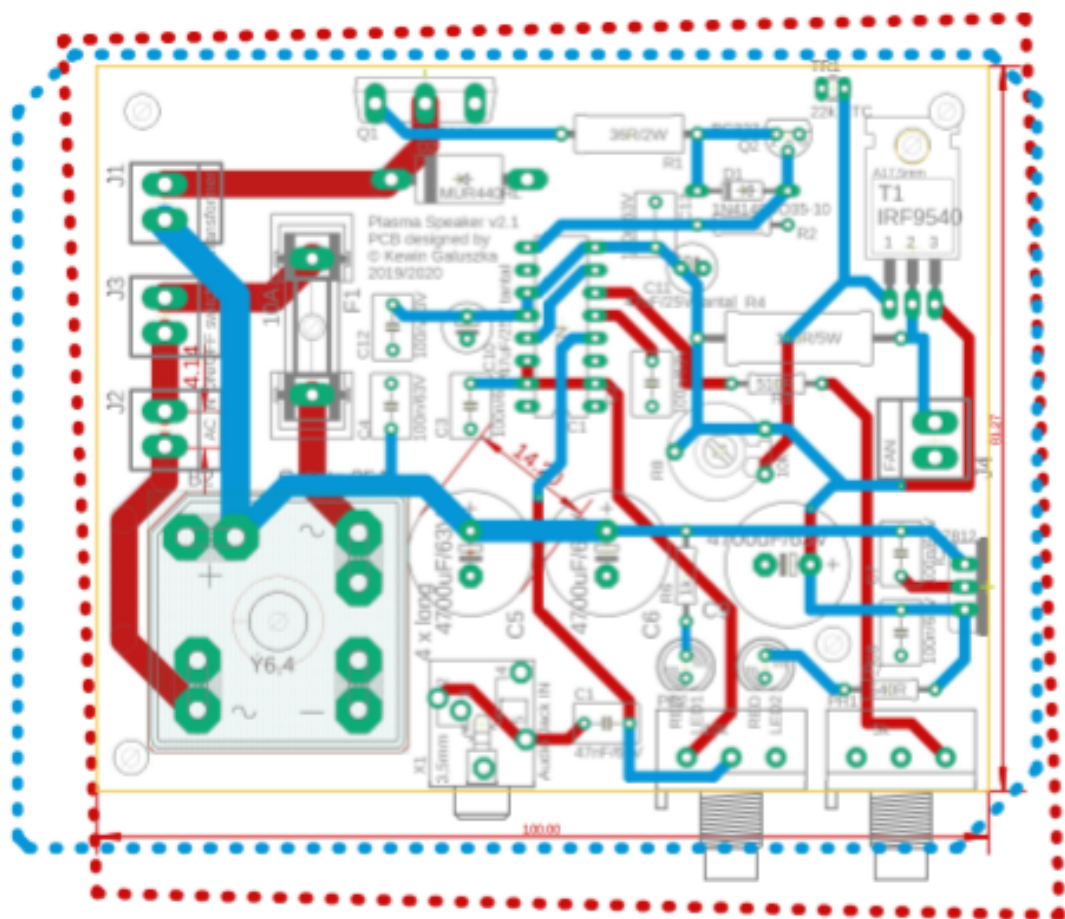
Rysunek 5: Układ wyprowadzeń transformatora

Spis elementów

LP	Kod schematu	Element	Paramtery/kody
1	B2	Greatz	25 A
2	C1	47nF/63V	C-EU050-045X075
3	C2	100n/63V	C-EU050-045X075
4	C3	100n/63V	C-EU050-045X075
5	C4	100n/63V	C-EU050-045X075
6	C5	4700uF/63V	CPOL-EUE5-13
7	C6	4700uF/63V	CPOL-EUE5-13
8	C7	100n/63V	C-EU050-045X075
9	C8	100n/63V	C-EU050-045X075
10	C9	4700uF/63V	CPOL-EUE5-13
11	C10	47uF/25V tantal	CPOL-EUE2.5-6
12	C11	47uF/25V tantal	CPOL-EUE2.5-6
13	C12	100n/63V	C-EU050-045X075
14	C13	100n/63V	C-EU050-045X075
15	D1	1N4148DO35-10	1N4148DO35-10
16	D2	MUR440RL	MUR440RL
17	F1	10A	GSH15
18	IC1	TL494CN	TL494CN
19	IC2	7812	7812TV
20	J1	Transformer	MTA02-156
21	J2	AC IN	MTA02-156
22	J3	ON/OFF switch	MTA02-156
23	J4	FAN	MTA02-156
24	LED1	RED	LED5MM
25	LED2	RED	LED5MM
26	PR1	5k	3RP/1610N
27	PR2	10k	3RP/1610N
28	Q1	IRFP240	IRFP240
29	Q2	BC327	BC327
30	R1	36R/2W	R-EU_0414/15

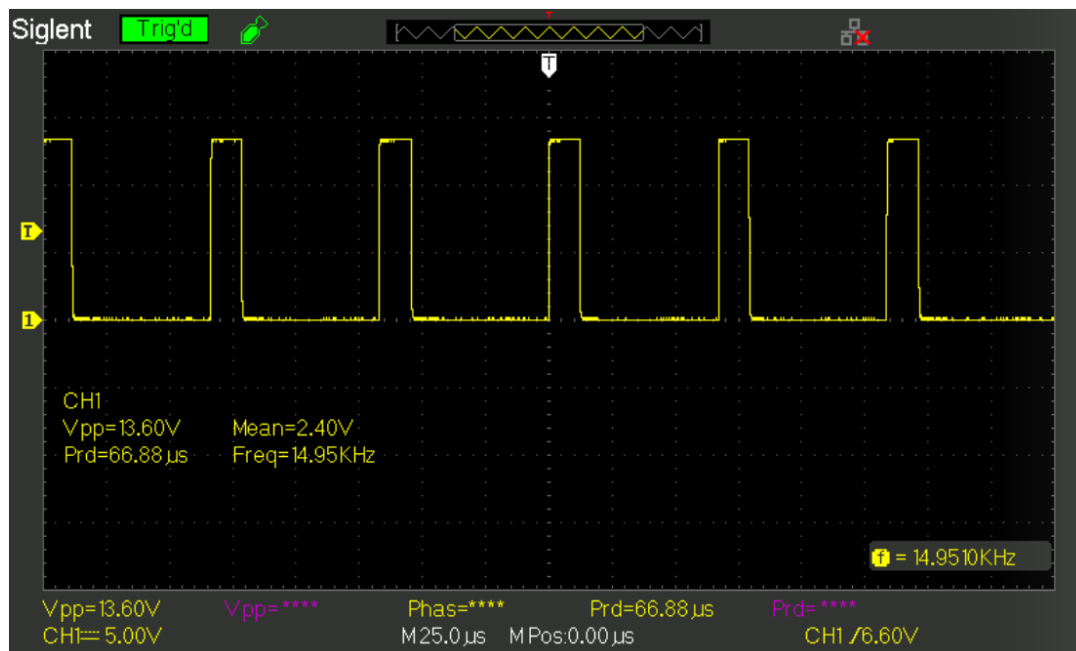
LP	Kod schematu	Element	Paramtery/kody
31	R2	1k	R-EU_0207/10
32	R3	510R	R-EU_0207/10
33	R4	100R/5W	R-EU_0617/22
34	R5	1k	R-EU_0207/10
35	R6	540R	R-EU_0207/10
36	R7	10k	POTENTIOMETER_PT-10
37	T1	IRF9540	IRF9530
38	TR1	22k NTC	NTC640
39	X1	Audio Jack IN	PG203J

Layout PCB

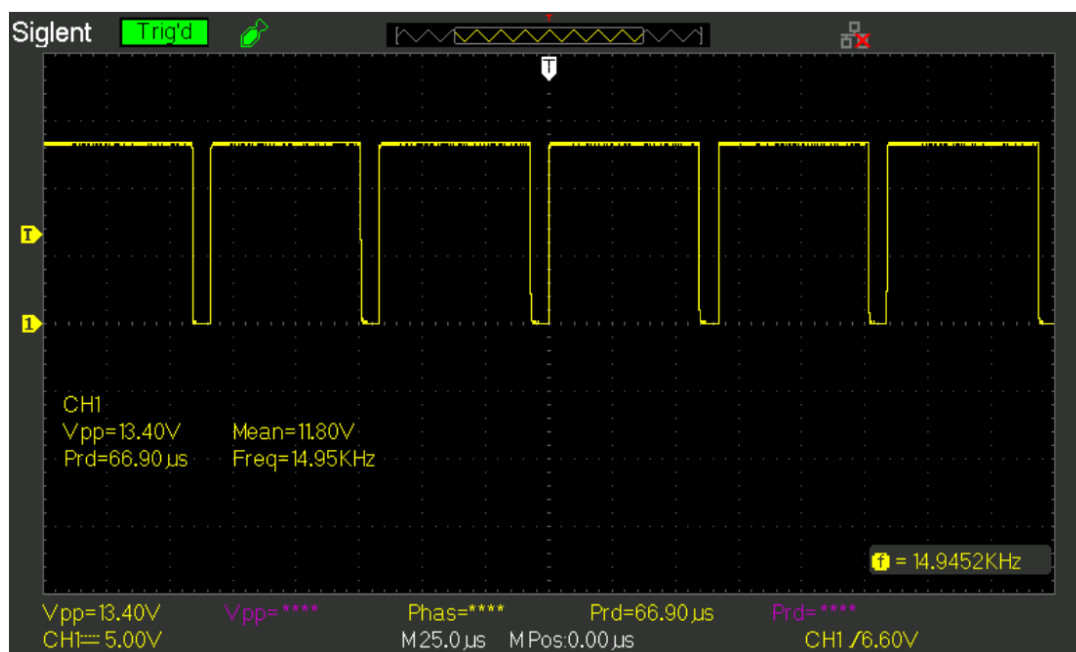


Rysunek 6: Layout PCB

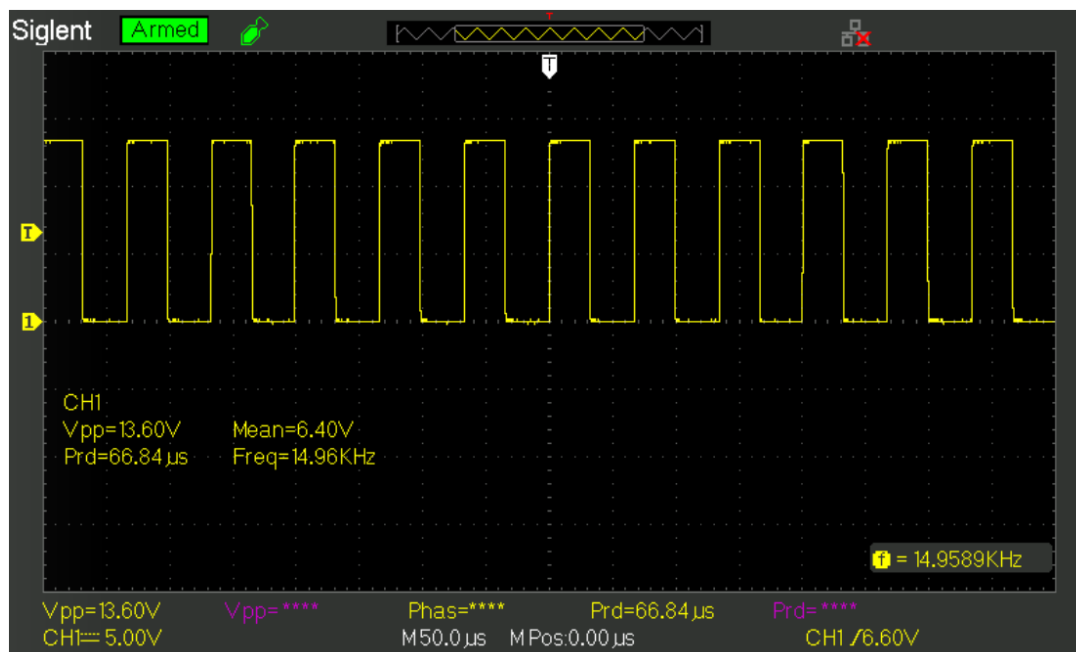
Oscylogramy



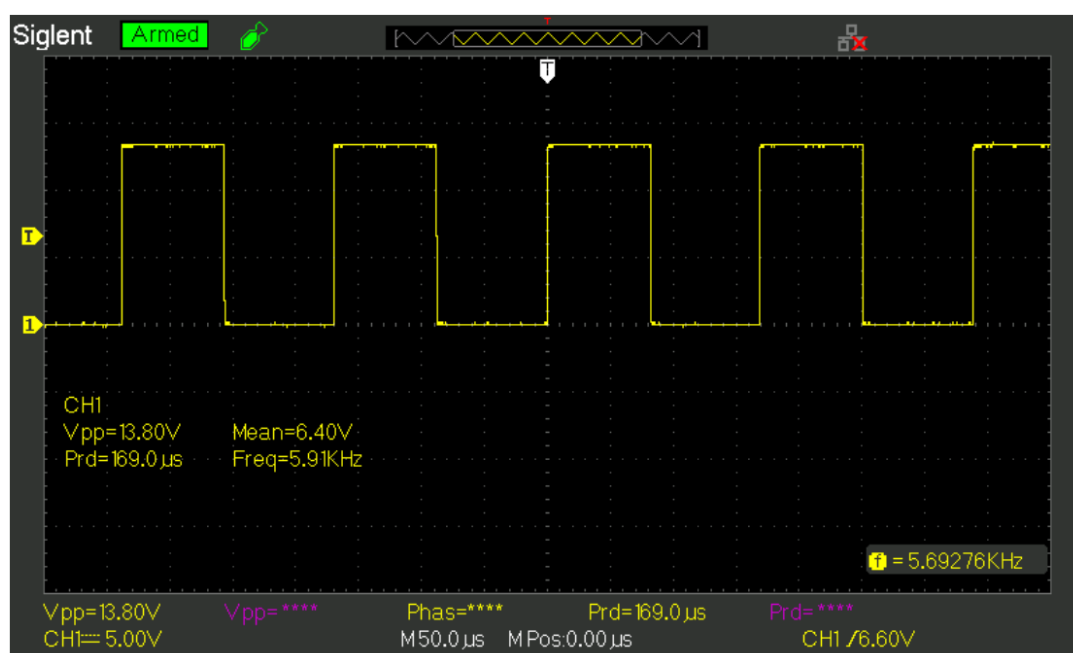
Rysunek 7: Manipulacja wypełnieniem - małe wypełnienie



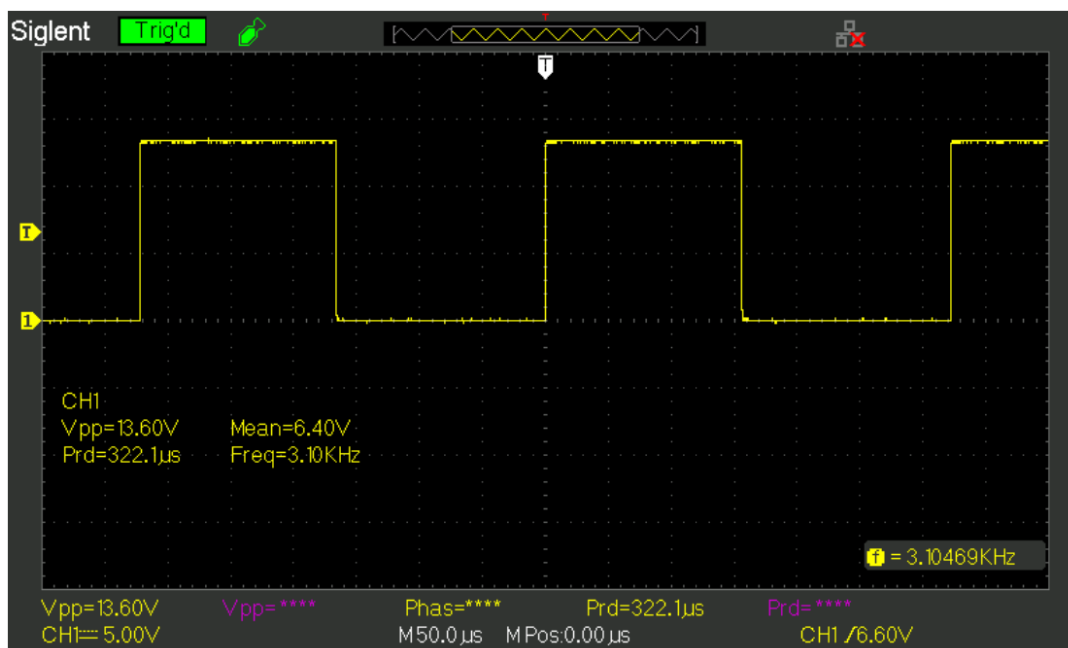
Rysunek 8: Manipulacja wypełnieniem - duże wypełnienie



Rysunek 9: Manipulacja częstotliwością - wysoka częstotliwość



Rysunek 10: Manipulacja częstotliwością - niższa częstotliwość



Rysunek 11: Pozycja neutralna

Napotkane problemy i rozwiązania

Uszkodzenie tranzystora stopnia mocy

Sprawdzono przebiegi na wyjściu układu TL494CN. Zauważono, że czasami przebieg jest nieprawidłowy, pojawiają się zakłócenia lub sygnał posiada maksymalne wypełnienie. Zauważono, że problem występuje w losowych momentach, dlatego założono, iż uszkodzenie musi być uszkodzeniem mechanicznym. Nie stwierdzono zimnych lutów na płytce PCB. Sprawdzono konektory, do których podłączone zostały potencjometry. Uszkodzony okazał się jeden z potencjometrów regulacji. Prawdopodobnie uszkodzone było łączenie wyprowadzenia ze ścieżką grafitową. Po jego wymianie problem ustąpił.

Wysoka temperatura tranzystora stopnia mocy

Sprawdzono, czy tranzystor jest pewnie przymocowany do radiatora. Dodano podkładkę silikonową oraz nałożono na jej obie strony silikonową pastę termoprzewodzącą. Problem ustąpił.

Bibliografia

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl494.pdf>

<https://www.elektroda.pl/rtvforum/topic3051626.html>

https://www.researchgate.net/publication/260708539_State-Plane_Analysis_of_Regenerative-Snubber_for_Flyback_Converters

<https://serwis.avt.pl/manuals/AVT2921.pdf>

<https://makezine.com/projects/plasma-arc-speaker/>

<https://www.vishay.com/docs/91210/91210.pdf>

<https://hackaday.com/2018/08/05/a-plasma-speaker-using-a-tl494/>