

Zabezpieczenie stopnia mocy wzmacniacza tranzystorowego.

Zabezpieczenia wzmacniacza mocy wykonano na układach analogowych bez wykorzystania układu z procesorem. Moduł zabezpieczeń może pracować samodzielnie lub współpracować np. z Arduino + wyświetlacz LCD. Awaria prowadzi do wyłączenia wejścia RF, napięcia biasu, napięcia zasilania U_z . Najbardziej na uszkodzenia tranzystorów mosfet narażona jest bramka i dlatego szybkie wyłączenia wejścia i przekierowanie na sztuczne obciążenie co można wykonać na diodach PIN może uchronić tranzystor. Układy ALC w trscv działają z zwłoką czasową i nie są w stanie skutecznie uchronić tranzystor.

- ochrona wzmacniacza przy przekroczeniu mocy na wejściu PA- szybki przełącznik na PIN -diodach
- ochrona wzmacniacza przed przekroczeniem SWR
- ochrona wzmacniacza przy przekroczeniu ustalonej wartości prądu
- ochrona wzmacniacza przed podaniem wyższego napięcia U_z
- ochrona wzmacniacza przy przekroczeniu temperatury
- ochrona przed uszkodzeniem 1- z toru wzmacniacza z sumatorem UNBAL
- współpraca zabezpieczenia z sequencerem

Układ zabezpieczenia wykonano na układzie BTS 50085-1TMA

I - prąd znamionowy 44 A, U_z - 24V - 60V

T off - 30 uS

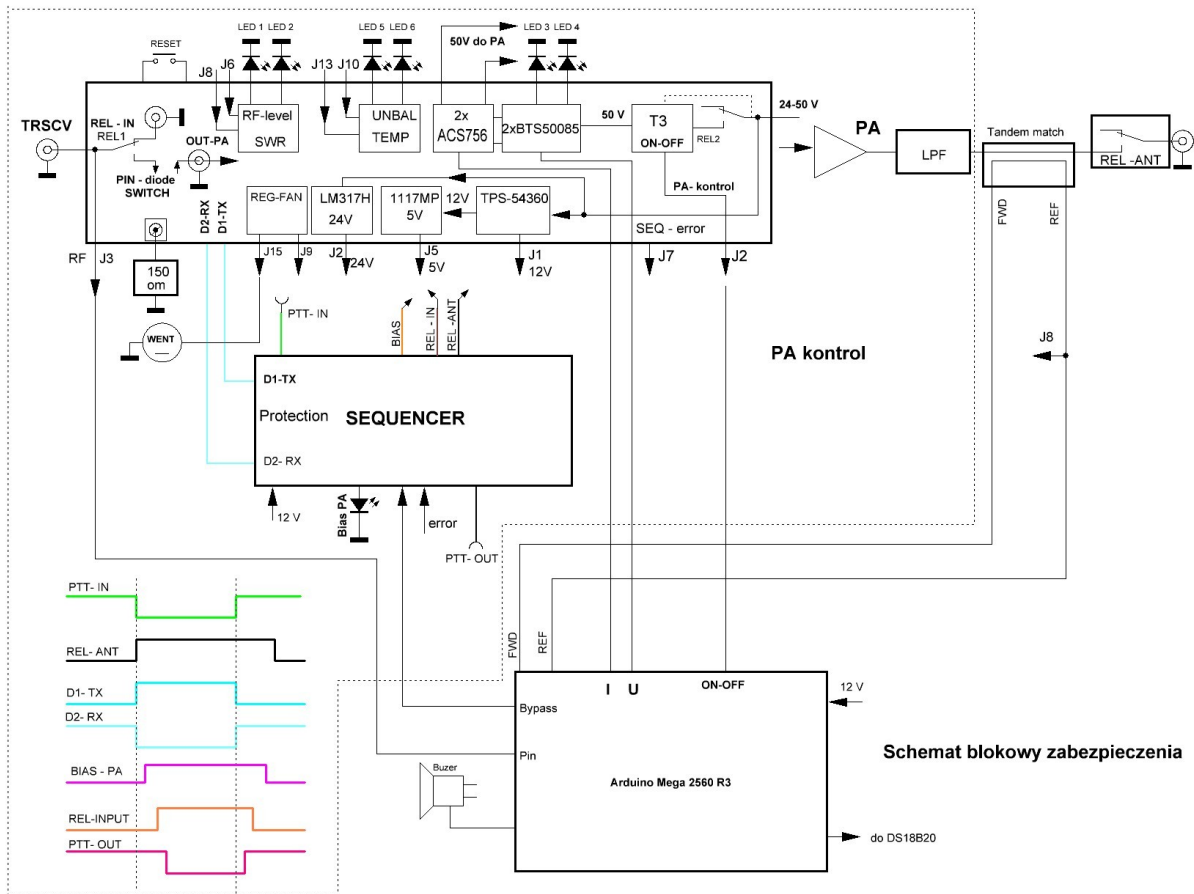
R on - przy prądzie 20A - około 7 m Ω (moc strat 2,8W)

Wykonano 2 identyczne tory do zastosowaniu przy wykonaniu

wzmacniacza z sumatorem.

Do pomiaru SWR należy zastosować układ np. tandem mach lub inny mostek do pomiaru SWR na wyjściu LPF.

Schemat blokowy zabezpieczeń



Do ustawienia progu prądu zadziałania zabezpieczeń służą p- rki P8 – tor I1, P5 – tor I2.

Szybkie wyłączenie zapewniają komparatory TLC372 i przerzutnik typu D – CD4013. Na wyjściu przerzutnika zastosowano diody LED3,4 informujące jakie zabezpieczenie zadziało. Przywrócenie do pracy następuje po zresetowaniu przyciskiem „ reset”. Pomiar prądu można zrealizować wykorzystując wyprowadzenie pinu 5 (Is) który monitoruje prąd układu BTS50085 gdzie poprzez wzmacniacz separujący z wyjścia P 4,P3 można wykonać pomiar prądu analogowo. Dodatkowo można wykorzystać układy ACS758 do współpracy z procesorem.

Pomiar przekroczenie dopuszczalnej mocy na wejściu wzmacniacza jest realizowane na układzie AD8361. Zapewnia on pomiar U rms

który steruje szybkim komparatorem TLC372 (jego próg zadziałania ustalamy P1). Skuteczną ochronę wejścia wzmacniacza zapewnia przełącznik na diodach PIN D4, D5, który przełącza wejście na rezystor R12- 150om – czas przełączenia $< 10\mu\text{s}$. Sygnalizacja $> \text{Pinp}$, SWR diody LED1,2. Kontrolę przekroczenia ustalonej temperatury dopuszczalnej zrealizowano za pomocą termistora TH a próg zadziałania zab. ustawiamy p - rkiem P7, sygnalizacja dioda LED6. Wejście U_{balans} lub $> U_z$ - ustawiamy p-rkiem P6, sygnalizacja dioda LED5.

Regulator wentylatora realizują układy LM317, LM358 - istnieje możliwość wyboru napięcia zasilania wentylatora 12V lub 24V.

Zasilanie modułu napięciem 12V zrealizowano stosując układ DC-DC TPS54360 - napięcie dopuszczalne 65V, I- 3,5A, efektywność 94% output ripple voltage, V_{out} p- p 20mV przy $I - 2\text{A}$. Dla zasilania przełączników, wentylatorów napięciem 24 V zastosowano układ LM317H (z podwyższonym napięciem). Wymiar PCB 121 x 118 mm.

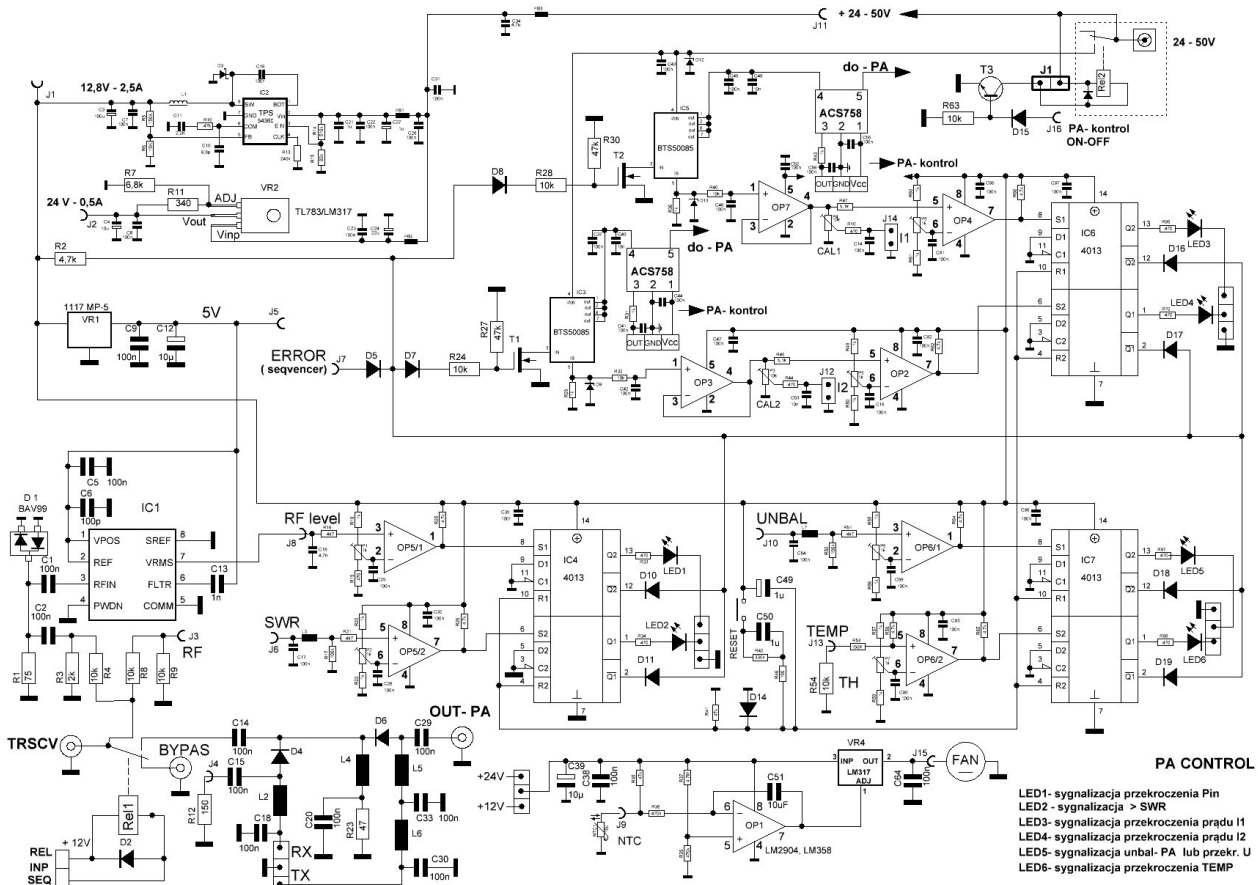
Sequencer

Pełne zabezpieczenie wzmacniacza mocy powinno być zrealizowane przez sequencer który zapewnia przełączanie przełączników wejściowego, wyjściowego, U_{bias} , PTT. Sequencer zrealizowałem wg pomysłu W6PQL w którym wykorzystuję poczwórny wzm. operacyjny LM224. Dodatkowo zastosowano układ do sterowania PIN- switcha i napięcia U_{bias} z możliwością podania ujemnego napięcia (szybsze rozładowanie U_{bias}) przy OFF – PTT, oraz możliwość przełączenia punktu pracy z kl AB do B. Czas przełączania sequencera regulujemy p-rkiem P1. Praca przełączania torów jest sygnalizowane diodami LED1,2,3,4, Wymiar PCB 78 x 54 mm.

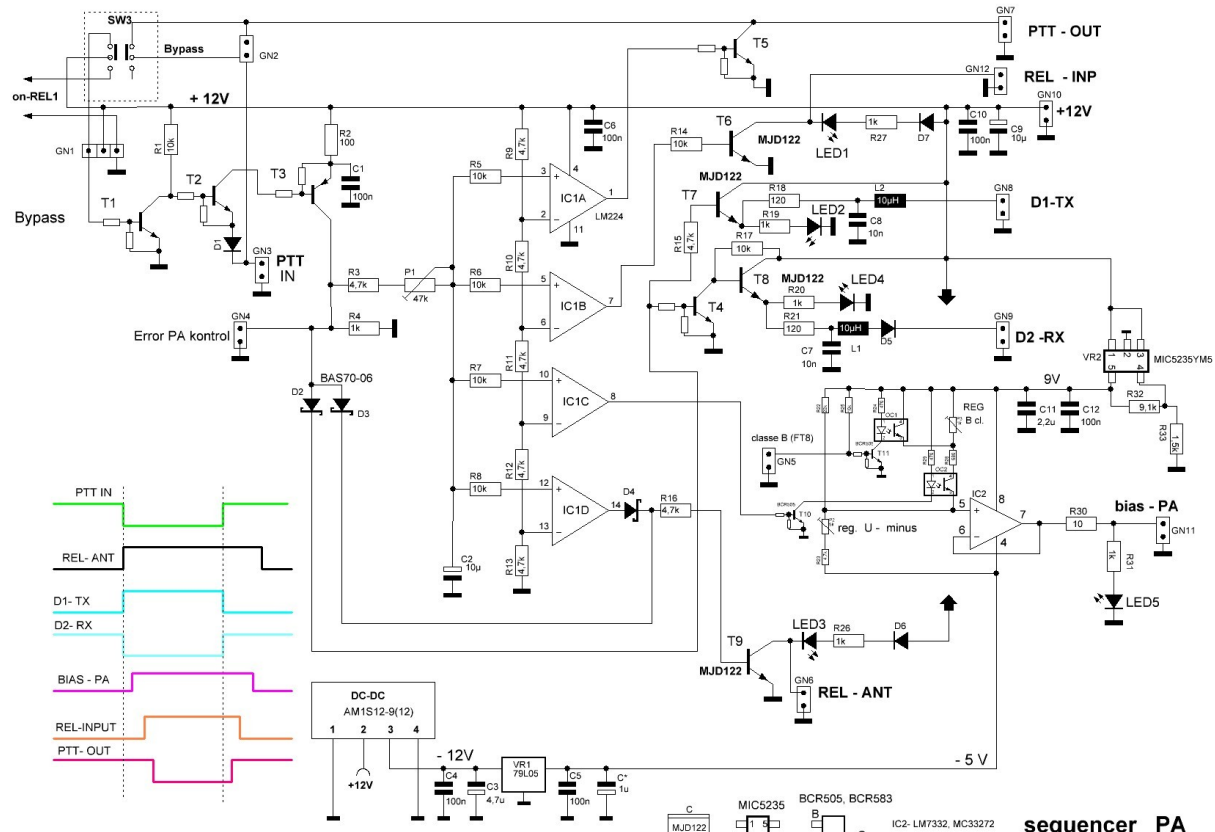
Układ zabezpieczenia może pracować niezależnie – dodając do niego pomiary prądu, napięcia, SWR, moc na wyjściu np. stosując linijkę diodową LED, miernik wychyłowy, Arduino z LCD itp.

Diody sygnalizacyjne LED zadziałania zabezpieczeń można wyprowadzić na płytę czołową wzmacniacza służą do tego gniazda na PCB.

Jako diody PIN do częstotliwości 50MHz można zastosować 1N4007 (wersja SMD – S1M,M7).

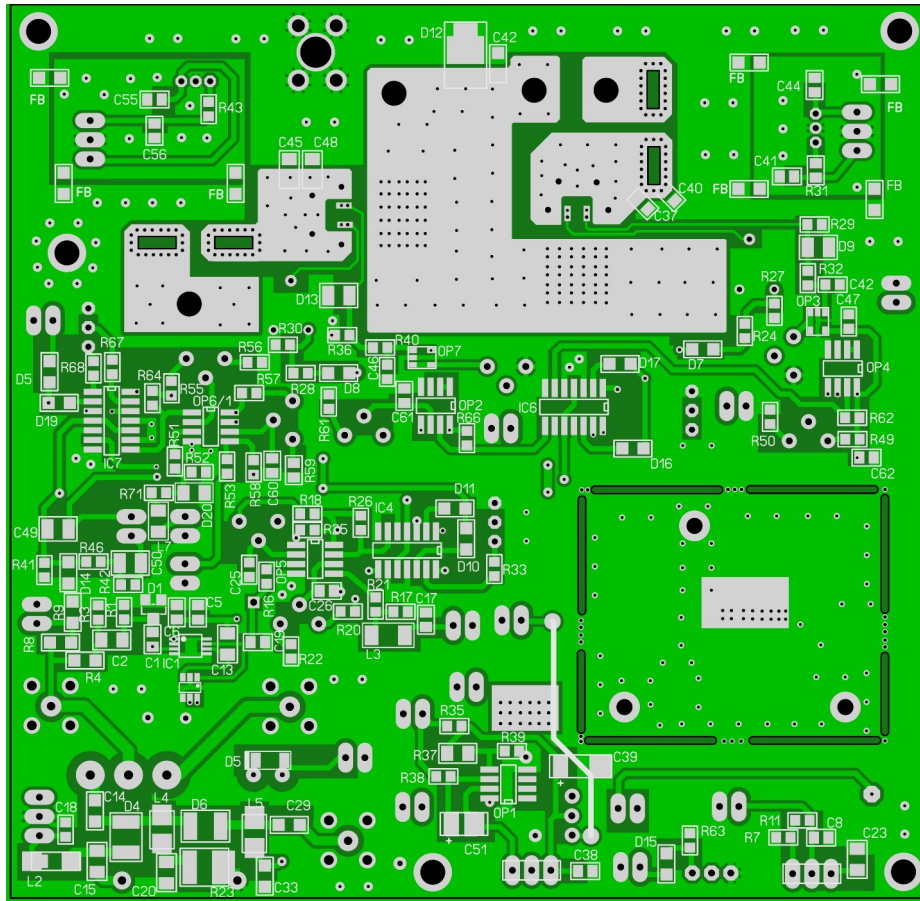


- PA CONTROL**
- LED1- sygnalizacja przekroczenia Pin
 - LED2- sygnalizacja > SWR
 - LED3- sygnalizacja przekroczenia prądu I1
 - LED4- sygnalizacja przekroczenia prądu I2
 - LED5- sygnalizacja unbal- PA lub przetr. U
 - LED6- sygnalizacja przekroczenia TEMP

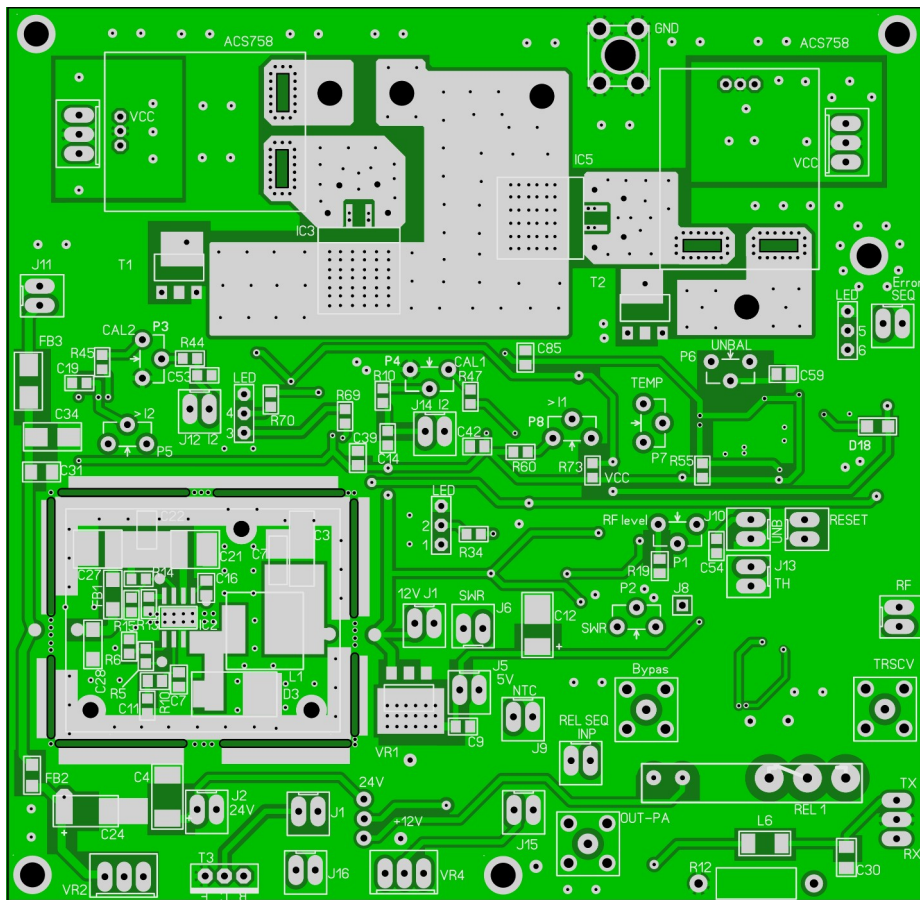


D1- TX, D2- RX - sterowanie przełącznikiem z PIN- diodami

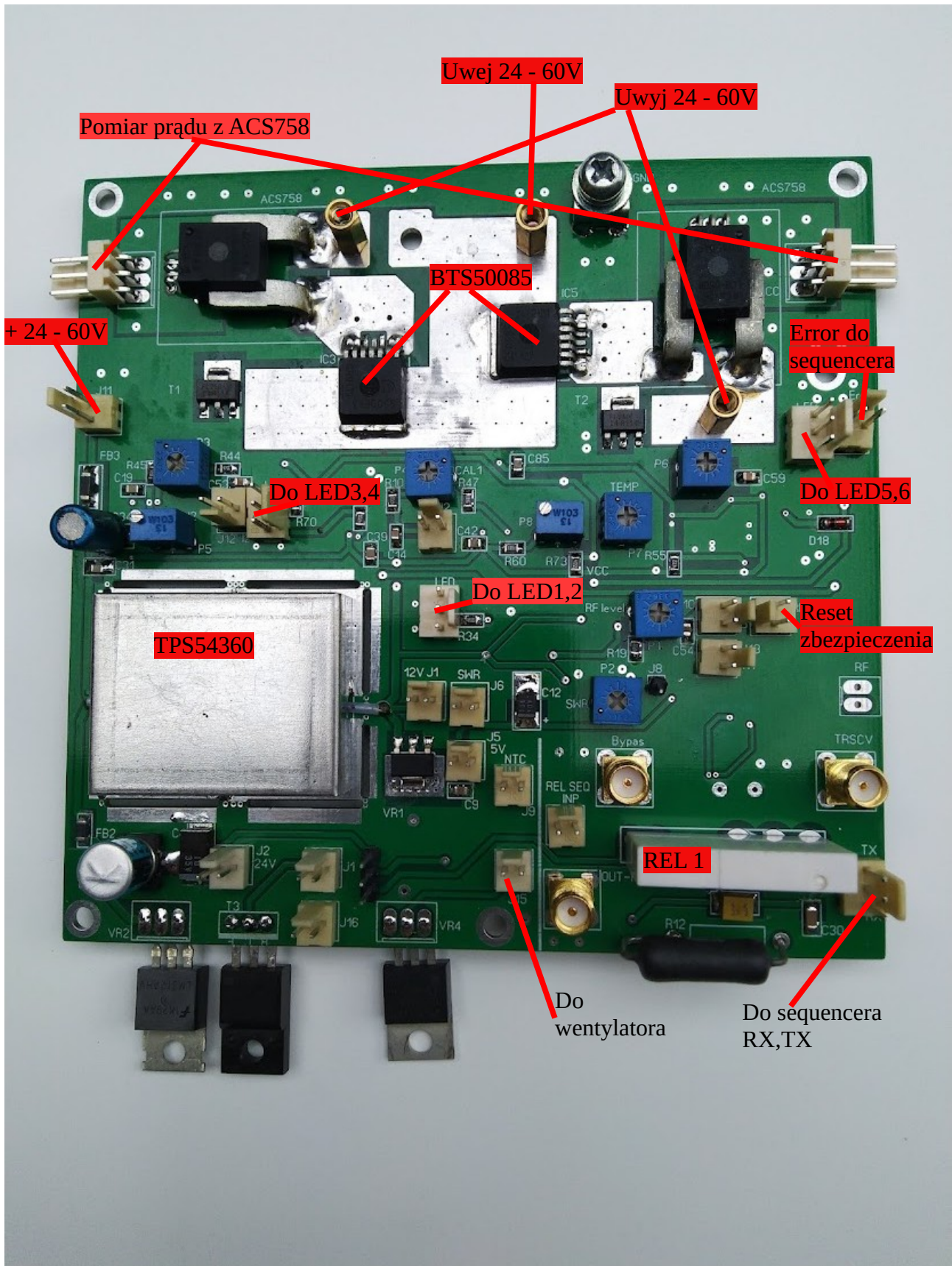
sequencer PA SP9HWV



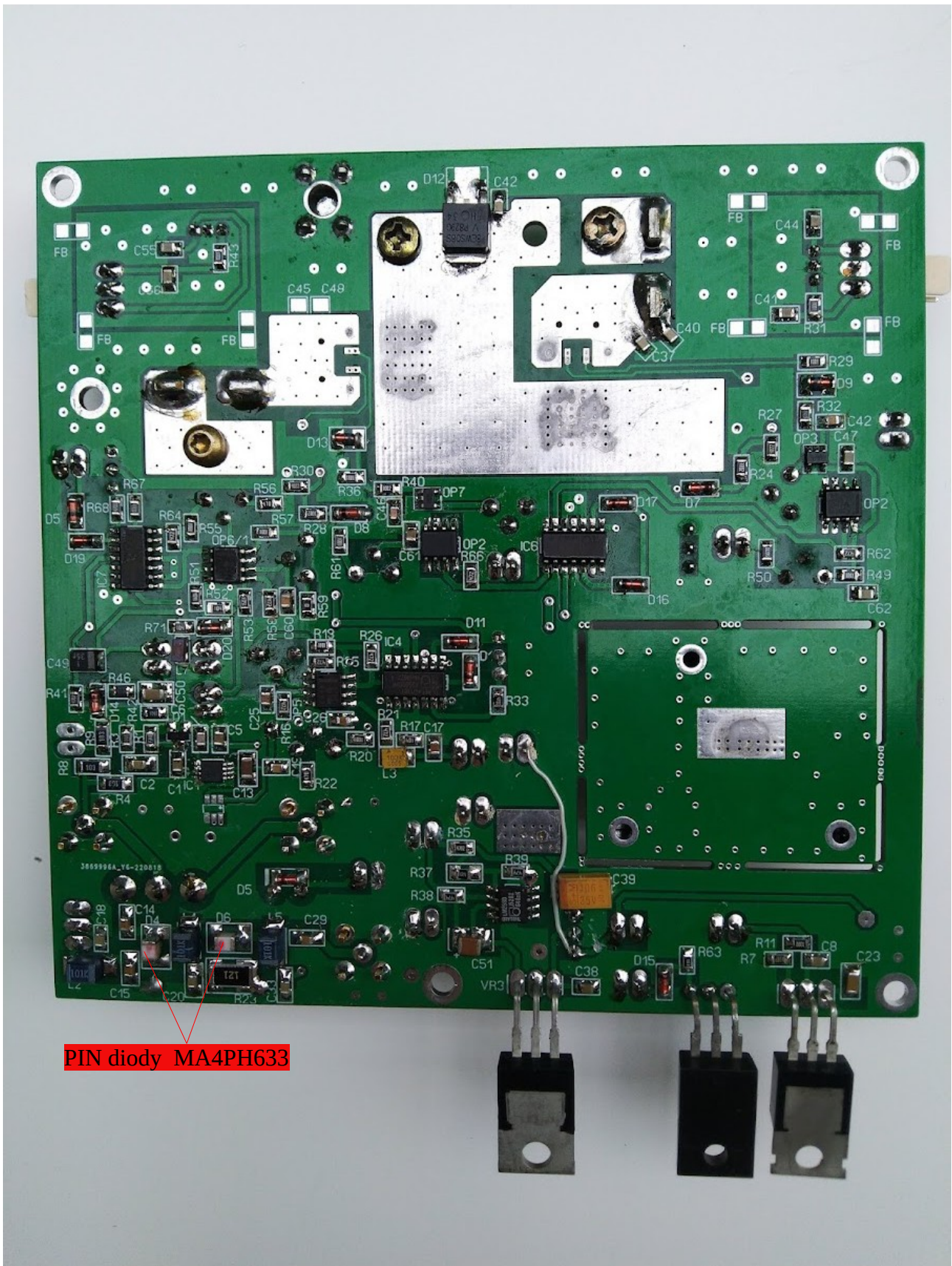
Bottom PA kontrol



TOP PA kontrol

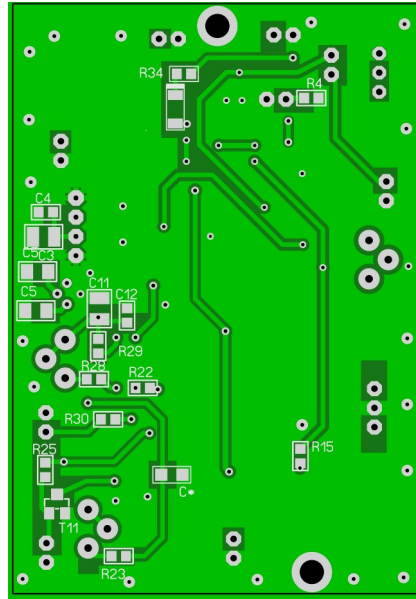
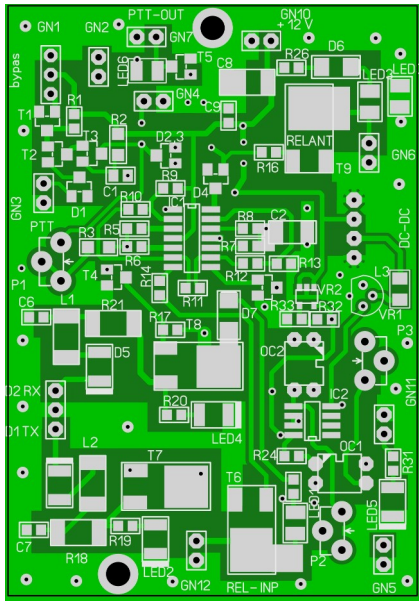


TOP PA kontrol

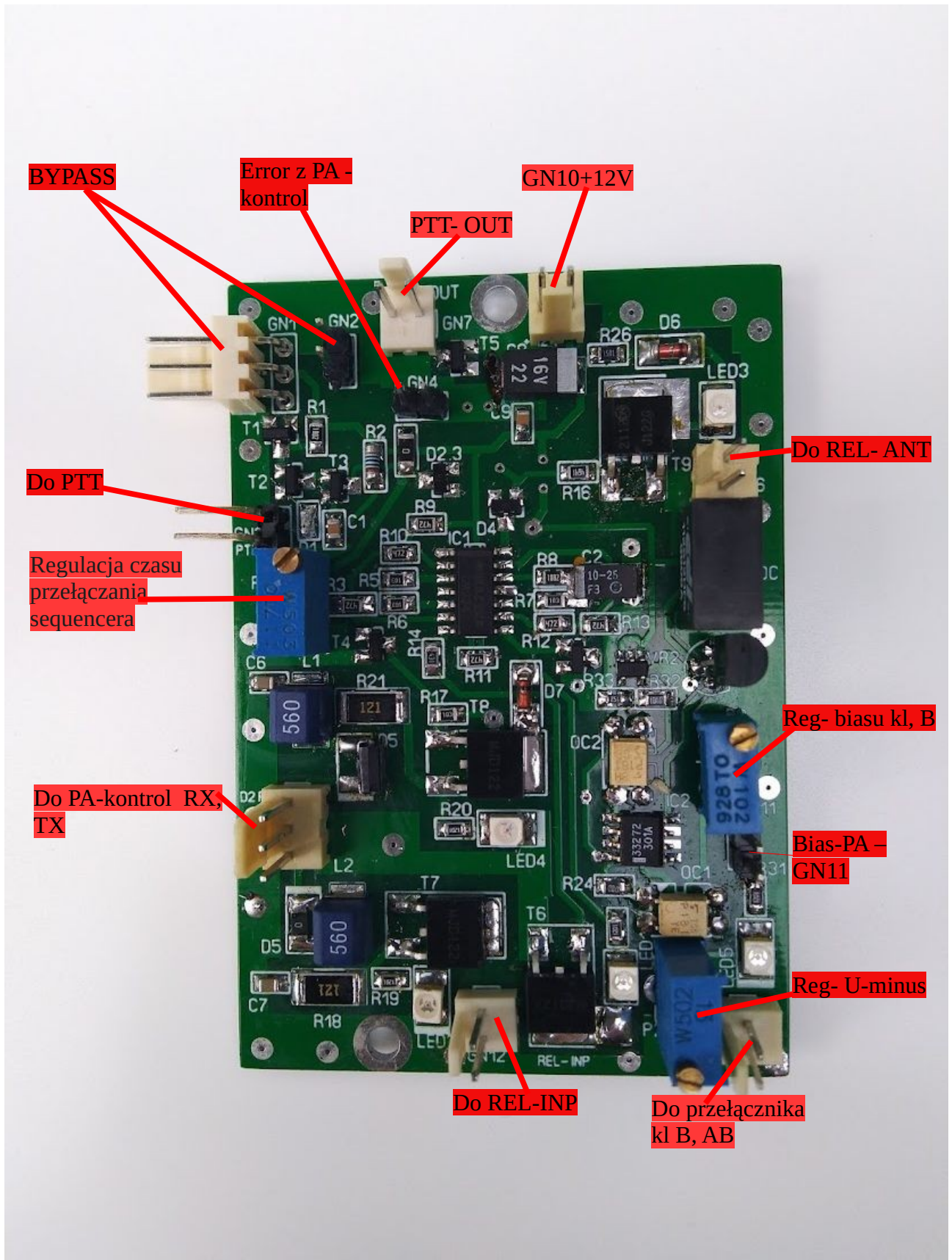


PIN diody MA4PH633

Bottom PA kontrol



sequencer TOP, BOTTON



Sequencer TOP

Component list PA kontrol

R1	= 1 x 75
R3	= 1 x 2k
R6	= 1 x 10K
R7	= 1 x 6,8k
R11	= 1 x 340
R12	= 1 x 150
R13	= 1 x 240k
R14	= 1 x 510k
R15	= 1 x 82k
R23	= 1 x 47
R37	= 1 x 4,7M
R42	= 1 x 330k
R46	= 1 x 100
R10,R19,R33, R34,R44,R67, R68,R69,R70	= 9 x 470
R10,R27,R30, R35,R41	= 5 x 47k
R16,R21,R51	= 3 x 4k7
R17,R52	= 2 x 100k
R18,R20,R22, R29,R31,R36, R43,R49,R50, R55,R56,R57, R59,R60,R61	= 15 x 1k
R2,R25,R26,R58,	
R62,R64,R65, R66	= 8 x 4,7k
R38,R39	= 2 x 470k
R4,R8,R9,R24, R28,R32,R40, R54,R63	= 9 x 10k
R45,R47	= 2 x 5,1k
R5,R53	= 2 x 150K
C3	= 1 x 100u
C4	= 1 x 10u
C6	= 1 x 100p
C10	= 1 x 6,8p
C11	= 1 x 2,2n
C13	= 1 x 1n
C19	= 1 x 4,7n
C24	= 1 x 22u
C34	= 1 x 4,7u
C51	= 1 x 10uF
C1,C2,C5,C7,C8, C9,C14,C14,C15, C16,C17,C18, C19,C20,C22, C23,C25,C26, C28,C29,C30, C31,C32,C33, C35,C37,C38, C41,C42,C43, C44,C45,C46, C47,C52,C54, C55,C56,C59, C60,C61,C62, C63,C64,C65, C66,C67	= 47 x 100n
C12,C39	= 2 x 10 μ
C21,C27,C49, C50	= 4 x 1u
C40,C48,C53	= 3 x 10n
J	= 1 x Motor
J1	= 1 x W-F02
J3	= 1 x WF-02 - RF
J,J,J	= 3 x SMA
J2,J5,J6,J7,J9, J10,J11,J12, J13,J14,J15	= 11 x WF-02
J4,J8,J16	= 3 x LED
D3	= 1 x SK36

D4	= 1 x PIN - dioda
D6	= 1 x PIN dioda
D12	= 1 x 1,5 KE68A
D,D2	= 2 x
D5,D7,D8,D10, D11,D14,D15, D16,D17,D18, D19	= 11 x 1N4148
D9,D13	= 2 x 5V1
P1,P2,P5,P6,P7, P8	= 6 x 1k
P3,P4	= 2 x 10k
IC1	= 1 x AD8361
IC2	= 1 x TPS54360
IC3,IC5	= 2 x BTS50085
IC4,IC6,IC7	= 3 x 4013
L1	= 1 x SRR1050-33uH
L6	= 1 x 47 -100µH
L2,L4,L5	= 3 x 47 - 100µH
L3,L7	= 2 x 100µH
LED1,LED2,LED3, LED4,LED5,LED6	= 6 x
OP1	= 1 x LM2904, LM358
OP2,OP4	= 2 x TLC372
OP3,OP7	= 2 x LM321
FB1,FB2,FB3	= 3 x MPZ1608S221A-T
T3	= 1 x 2SD1413 - darlington
T1,T2	= 2 x IRFL210,BS107
OP5/1,OP5/2	= 2 x TLC372
OP6/1,OP6/2	= 2 x LM393
VR1	= 1 x 1117 MP-5
VR2	= 1 x TL783/LM317
Rel1	= 1 x V23092-1012-A201
Rel2	= 1 x 50V- 40A
RESET	= 1 x Taster
NTC1	= 1 x 10k
D 1	= 1 x BAV99

Rezystory – 0805
Kondensatory ceramiczne 0805, X7R

Component list sequencer

	= 1 x
BCR505, BCR583	= 1 x
C3	= 1 x 4,7u
C11	= 1 x 2,2u
C1,C4,C5,C6, C10,C12	= 6 x 100n
C2,C9	= 2 x 10µ
C7,C8	= 2 x 10n
C*	= 1 x 1u
D5	= 1 x M7
D1,D6,D7	= 3 x 1N4148
D2,D3,D4	= 3 x BAS70-06

GN1	= 1 x WF-03
GN10	= 1 x jumperGN
GN2,GN3,GN4, GN5,GN6,GN7, GN8,GN9,GN11, GN12	= 10 x WF- 02
IC2	= 1 x
IC1A	= 1 x LM224
IC1B	= 1 x LM 224
IC1C	= 1 x LM 224
IC1D	= 1 x LM 224
L1,L2	= 2 x 10 μ H
LED2	= 1 x
LED1,LED3,LED4,	= 4 x LED SMD 1206
MIC5235	= 1 x MIC5207YM5,MIC5235YM5,
OC1,OC2	= 2 x
P1	= 1 x 47k
P2	= 1 x 5k
P3	= 1 x 1k
R2	= 1 x 100
R22	= 1 x 22k
R28	= 1 x 680
R30	= 1 x 10
R32	= 1 x 9,1k
R33	= 1 x 1,5k
R1,R5,R6,R7,R8, R14,R17,R25	= 8 x 10k
R18,R21	= 2 x 120
R24,R29	= 2 x 470
R3,R9,R10,R11, R12,R13,R15, R16,R23	= 9 x 4,7k
R4,R19,R20,R26, R27,R31	= 6 x 1k
SW1	= 1 x 2 x UM
T3	= 1 x BCR583
T1,T2,T4,T5, T10,T11	= 6 x BCR505
T6,T7,T8,T9	= 4 x MJD122
VR1	= 1 x 79L05
VR2	= 1 x MIC5235YM5

Materiały pomocnicze przy projekcie.

- https://webench.ti.com/wb5/PartDesigner/quickview.jsp?base_pn=TPS54360&origin=ODS&litsection=features

program do wyliczenia elementów TPS-54360

- https://www.w6pql.com/relay_sequencer.htm

- https://www.qsl.net/yo4hfu/LDMOS_2M.html

- Sztuka elektroniki – P. Horowitz, W. Hill

