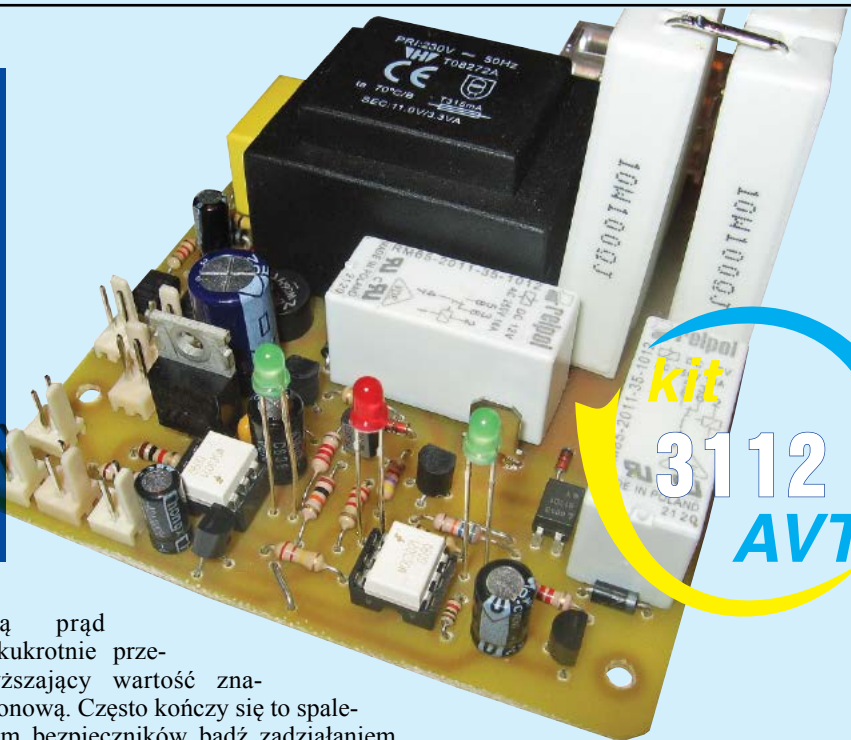


# Układ miękkiego startu (softstart)



Układ softstartu wykonany na elementach przewlekanych. Łatwy w montażu, ma wiele ciekawych funkcji przydatnych przy budowie wzmacniaczy audio.

## Do czego to służy?

Układ miękkiego startu (softstart) w ogólności służy do niwelowania udaru prądowego, jaki zwykle występuje przy włączaniu zasilania dużych odbiorników indukcyjnych. Opisany tutaj układ został zaprojektowany do współpracy z transformatorami toroidalnymi dużej mocy, które w momencie rozruchu pobie-

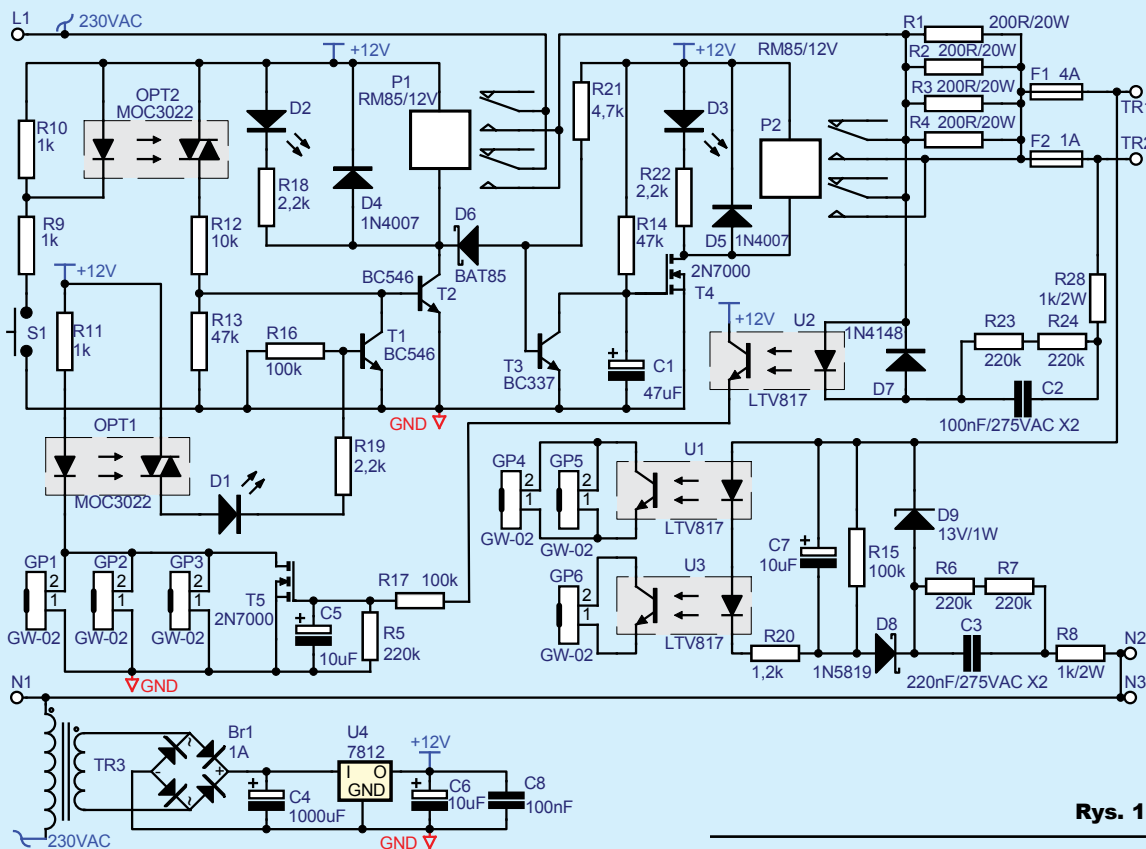
rają prąd kilkukrotnie przewyższający wartość znamionową. Często kończy się to spalaniem bezpieczników bądź zadziałaniem innych zabezpieczeń nadprądowych. Działanie układu jest proste i polega na ograniczeniu udaru prądowego za pomocą rezystancji wpinanej szeregowo z obciążeniem i zwieranej za pomocą przełącznika po krótkim okresie. Ponadto urządzenie zostało wyposażone we własny zasilacz i wiele różnych dodatkowych funkcji, przydatnych przy budowie

wzmacniaczy audio, gdyż podstawowym zastosowaniem tego układu jest właśnie włączanie do sieci transformatorów we wzmacniaczach audio dużej mocy.

## Jak to działa?

Schemat pokazany jest na rysunku 1. Podstawowym elementem układu jest rezystor szeregowy, a dokładnie

mówiąc rezystory R1–R4 połączone w szeregu. Tworzą one opornik o rezystancji 50Ω i mocy 80W. Chwilowa moc wydzielana na tych elementach jest kilkukrotnie wyższa, jednak praca w krótkim czasie nie pozwoli na wydzielanie znacznej ilości ciepła, które mogłoby uszkodzić rezystory. Układ pełni funkcję nie tylko softstartu ale również wyłącznika bądź przegrzania. Przystosowany jest do zasilania dwóch transformatorów (główny i pomocniczy do zasilania peryferii wzmacniacza).



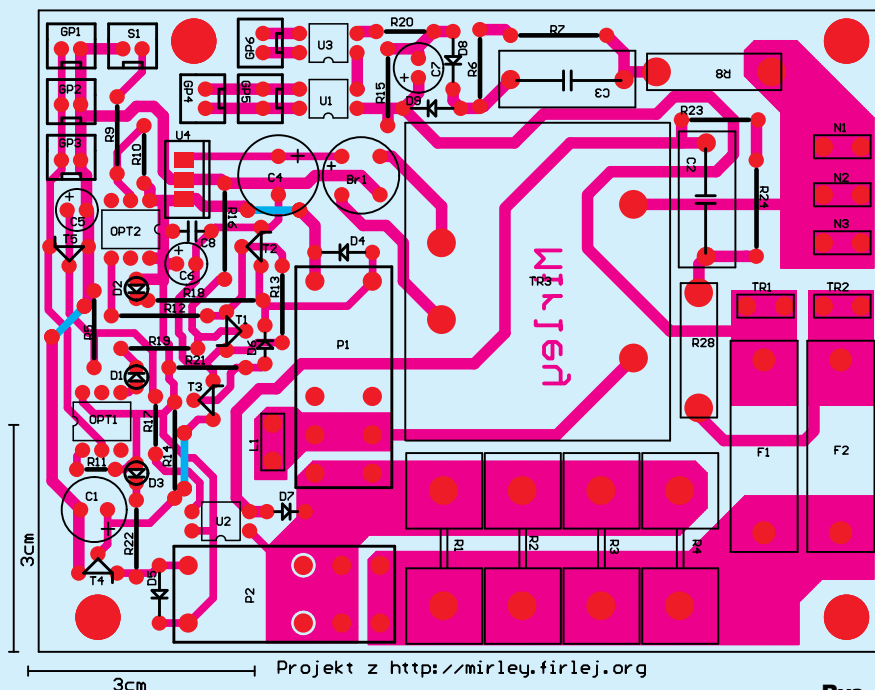
Rys. 1

Napięcie sieciowe podawane jest między zaciski L1 i N1, natomiast uzwojenie pierwotne transformatora głównego powinno być podłączone między zaciski TR1 i N2, zabezpieczone bezpiecznikiem F1. Transformator pomocniczy powinien być podłączony między zaciski TR2 i N3, a w przypadku jego braku należy nie zapomnieć o zwarceniu bezpiecznika F2.

Uruchomienie układu następuje przez chwilowy przycisk S1. Jego wciśnięcie powoduje przepływ prądu przez rezystor R9 i diodę optotriaka OPT2, co zapewni jego trwałe włączenie (pracuje na prądzie stałym) aż do momentu wyłączenia zasilania całego urządzenia. Rezystor R10 zapewnia tutaj gaszenie diody optotriaka i został dodany trochę na wyrost, aby zapobiec ewentualnym zakłóceniom zdolnym uruchomić OPT2. R13 w chwili spoczynku sprawia, że tranzystor T2 jest wyłączony, a gdy OPT2 przewodzi tworzy razem z R12 dzielnik doysterowania T2. Tranzystor T2 z kolei uruchamia przełącznik P1, za pomocą którego zasilanie sieciowe zostaje podane na wyjście przez rezystory R1–R4. Dioda D4 gasi przepięcia powstałe przy rozłączaniu cewki przełącznika, a dioda D2 w szeregu z R18 stanowi kontrolkę włączenia P1.

W stanie spoczynku dioda D6 jest włączona zaporowo, a dzięki R21 tranzystor T3 przewodzi, powodując rozładowanie C1. Tym samym T4 nie przewodzi a przełącznik P2 jest wyłączony. Włączenie tranzystora T2 sprawia, że za pomocą diody D6 potencjał na bramce T3 spada poniżej 0,6V i tranzystor ten przestaje przewodzić. Rozpoczyna się ładowanie C1 za pomocą R14, trwające pojedyncze sekundy. Gdy napięcie na C1 przekroczy napięcie progowe tranzystora T4, przełącznik P2 zostanie włączony, a rezystory R1–R4 zwarte. Na wyjście zostanie podłączone bezpośrednio napięcie sieciowe. Dioda D5 gasi przepięcia powstałe w cewce przełącznika P2, a dioda D3 z rezystorem R22 stanowi kontrolkę jego włączenia.

Opisane elementy w istocie stanowią już układ, który odgrywa rolę pełnowartościowego softstartu i w wersji podstawowej można by na tym poprzestać. Pozostałe elementy pozwalają na wprowadzenie kilku zabezpieczeń i dodatkowych funkcji. Za pomocą



Rys. 2

elementów R23–R24, R28 oraz kondensatora C2 i diody D7 został zbudowany prosty zasilacz beztransformatorowy, który zasilą diodę transoptora U2. Gdy przełącznik P1 jest włączony, a P2 jeszcze nie, transoptor U2 przewodzi a tym samym ładowany jest kondensator C5. Szybkość ładowania kondensatora zależy od jego pojemności oraz rezystorów R17 i R5. Gdy napięcie na C5 urośnie ponad napięcie progowe tranzystora T5, zacznie on przewodzić, co w konsekwencji spowoduje zatrzasknięcie się optotriaka OPT1. W stanie spoczynku oraz normalnej pracy tranzystor T1 nie przewodzi ze względu na rezystor R16, jednak gdy włączy się

OPT1, to dzięki R19 i D1 tranzystor ten otworzy się, powodując zatkanie T2 i wyłączenie przełącznika P1 (odcięcie zasilania od transformatorów). Taki stan będzie utrzymywał się aż do całkowitego wyłączenia zasilania, gdyż raz włączony optotriak nie ma szans się wyłączyć przy pracy na prądzie stałym. Cały ten układ zabezpiecza rezystory przed szybkim spalaniem, w przypadku gdy uszkodzi się przełącznik P2 bądź którykolwiek z elementów powodujących jego włączenie. Stała czasowa związana z pojemnością C5 i rezystorami R17 i R5 musi być tak dobrana, aby czas ładowania C5 był kilkukrotnie dłuższy od czasu ładowania

C1, w innym wypadku od razu po włączeniu układ się wyłączy i zaświeci czerwona dioda D1 oznaczająca problem w układzie. Dodatkowe złącza GP1–GP3, równoległe do tranzystora T5, pozwalają na podłączenie dodatkowych zabezpieczeń obu końcówek mocy wzmacniacza i zasilacza pomocniczego. W układzie modelowym do GP1 podłączony został wyłącznik termiczny normalnie rozarty, równoległe z wyjściem napięcia stałego na wyjściu wzmacniacza. Drugi kanał został podłączony do GP2, natomiast GP3 może służyć do podłączenia wyłącznika termicznego przy radiatorze stabilizatorów.



W układzie obecny jest jeszcze jeden zasilacz beztransformatorowy oparty na C3, R8 i diody D8, D9. Rezystory R6 i R7 umożliwiają rozładowanie C3, kondensator C7 filtruje napięcie wyjściowe a rezystor R15 zapewnia wstępne obciążenie. Zasilacz ten pozwala na włączenie transpotorów U1 i U3 zaraz po włączeniu transformatora głównego. Prąd transpotorów ograniczony jest przez rezystor R20. Dzięki temu za pomocą GP4 i GP5 oba kanały wzmacniacza dostają sygnał do układu opóźnionego włączenia głośników, że zasilanie jest włączone. Złącze GP6 dostarcza sygnału dla zasilacza pomocniczego i pozwala włączyć zasilanie przedwzmacniacza.

Zasilanie układu softstartu rozwiązane jest za pomocą klasycznego zasilacza stabilizowanego, zbudowanego w oparciu o transformator TR3, mostek prostowniczy Br1 i stabilizator U4. Napięcie filtrują kondensatory C4, C6 i C8.

## Montaż i uruchomienie

Konstrukcja układu jest typowa i dobrze jest ją rozpocząć od wlutowania 3 zworek i elementów najmniejszych – rezystorów. Pomocny tutaj na pewno okaże się **rysunek 2**, przedstawiający schemat montażowy. W drugiej kolejności przyjdzie czas na diody i kondensatory ceramiczne. Należy zwracać szczególną uwagę na elementy podłączone wprost do napięcia sieciowego, gdyż pomyłka może skutkować zniszczeniem elementów a nawet w skrajnych wypadkach uszkodzeniem płytki drukowanej. Pod optotriaki OPT1 i OPT2 można zastosować podstawki, ale nie jest to wymagane. W roli rezystora 200Ω/20W zastosowano dwa typowe rezystory 100Ω/10W połączone w szeregu, co najlepiej obrazują fotografie modelu. Pomimo że ścieżki przewodzące duże prądy są możliwie najgrubsze, warto od spodu przylutować kawałki srebrzanki łączące przekaźniki z rezystorami i rezystory z bezpiecznikami. Ma to znaczenie, gdy transformator główny ma moce dochodzące do 1000VA lub przekraczające tę wartość. Do podłączenia przewodów sieciowych warto wykorzystać typowe konektory 6,3mm, ale równie dobrze sprawdzą się przewody bezpośrednio do niej wlutowane. Ostatnim elementem montowanym na płycie powinien być transformator. Żaden element na płycie nie wymaga radiatora, a układ zmontowany ze sprawnych elementów powinien działać od razu po włączeniu bez żadnej regulacji.

Jak już wcześniej wspomniano, układ można znacznie uprościć, rezygnując z zabezpieczeń i dodatkowych funkcji,

a zostawiając jedynie podstawową funkcjonalność. Nie należy w takim wypadku montować elementów zasilaczy beztransformatorowych zbudowanych w oparciu na kondensatorach C2 i C3 oraz transpotorów U1 i U3. Zbędne okażą się w takim wypadku także rezystory R17 i R5 oraz kondensator C5 i tranzystor T5. Warto zostawić fragment obwodu z optotriakiem OPT1, gdyż można wykorzystać złącza GP1–GP3 do podłączenia chociażby zabezpieczenia termicznego, gdyby jednak nie było to konieczne, można zrezygnować z optotriaka OPT1 i jego elementów współpracujących. W takiej sytuacji zbędny okaże się też tranzystor T1 i rezystor R16. Jeśli układ będzie wykorzystywany jedynie do włączania transformatora głównego, a jest dostępne inne źródło zasilania, można zrezygnować także z transformatora TR3 i ewentualnie z pozostałych elementów



zasilacza. Nie jest to jednak zalecane i warto uniezależnić zasilanie softstartu od reszty obwodu. W roli OPT1 i OPT2 mogą pracować dowolne inne optotriaki, z tym że nie mogą one mieć sterowania w zerze sieci ze względu na pracę przy napięciach stałych. Rezystory R1–R4 nie muszą mieć tak dużej mocy, jeśli transformator nie przekracza 500VA. Z powodzeniem w roli R1–R4 sprawdzą się dwa typowe rezystory 100R/5W połączone w szeregu.

**Mirosław Firlej**  
elektronika@firlej.org  
http://mirlej.net

## Wykaz elementów

R1,R2,R3,R4	200Ω/20W lub 8x100R/10W	D1,D2,D3	LED 3mm
R5,R6,R7,R23,R24	220kΩ	D4,D5	1N4007
R8,R28	1kΩ/2W	Br1	Mostek 1A
R9,R10,R11	1kΩ	T3	BC337
R12	10kΩ	T1,T2	BC546
R13,R14	47kΩ	T4,T5	2N7000
R15	100kΩ	U4	7812
R16,R17	100kΩ	OPT1,OPT2	MOC3022
R18,R19,R22	2,2kΩ	U1,U2,U3	LTV817
R20	1,2kΩ	TR3	Transformator do druku T08272A (3.3VA 11V)
R21	4,7kΩ	L1,N1,N2,N3,TR1,TR2	FS1536 konektor 6.3mm do druku, męski
C1	47uF/25V	S1	uSwitch + GW-02 (opcjonalnie)
C4	1000uF/25V	GP1,GP2,GP3,GP4,GP5,GP6	GW-02 (goldpin z prowadzeniem)
C2	100nF/275VAC X2	P1,P2	Przełącznik RM85/12V
C3	220nF/275VAC X2	F2	Bezpiecznik 1A + obudowa
C5,C6,C7	10uF/25V	F1	Bezpiecznik 4A + obudowa
C8	100nF		
D9	Zenera 13V/1W		
D6	.BAT85		
D8	1N5819		
D7	1N4148		

**Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3112.**