



Niniejszy artykuł jest pierwszym z nowej serii, w której zaprezentujemy praktyczne dane katalogowe najważniejszych podzespołów elektronicznych. Każdy artykuł będzie zawierał część opisową, omawiającą podstawowe właściwości omawianych podzespołów. W tej części przedstawione będą "punkty ciężkości", czyli najważniejsze sprawy, na które zawsze trzeba zwracać uwagę stosując dane elementy. Natomiast zagadnienia i parametry mniej istotne dla hobbyisty będą pominięte. Okazuje się bowiem, że w opasłych katalogach wiele informacji powtarza się wielokrotnie, a ponadto nie wszystkie dane są jednakowo potrzebne. Szczerze mówiąc, pełne dane katalogowe potrzebne są tylko zawodowemu konstruktorowi, który nie tylko projektuje układ, ale też przeprowadza szczegółową analizę, aby urządzenie niezawodnie pracowało we wszelkich możliwych do przewidzenia warunkach, w całym założonym zakresie temperatur, napięć zasilających itp. Elektronik-amator takiej gruntownej analizy zwykle nie przeprowadza i wystarczy mu dane skrócone. Takie skrócone dane, czyli zwięzłe ściągawki, będą przedstawione pod koniec każdego artykułu z tej serii, w esencjonalnej formie rysunków, tabel i niezbędnych wykresów.

Stabilizatory liniowe

część 1

Każde urządzenie elektroniczne musi być zasilane. Oprócz baterii czy transformatora z prostownikiem i filtrem, potrzebny jest zazwyczaj stabilizator napięcia. Na **rysunku 1** zobaczysz schematy przestarzałych układów stabilizatorów na elementach dyskretnych. Obecnie takich stabilizatorów praktycznie nigdzie się nie stosuje, wyparły je tanie układy scalone mające nieporównanie lepsze parametry. Obecnie coraz szerszym frontem do sprzętu elektronicznego wkraczają stabilizatory impulsowe i przetwornice - ten temat wykracza jednak poza ramy dzisiejszego artykułu. Materiał dotyczy bowiem popularnych stabilizatorów liniowych.

Praktycznie wszystkie produkowane obecnie stabilizatory liniowe mają obwody zabezpieczenia, ograniczające prąd wyjściowy podczas przeciążenia a także przy nadmiernym wzroście temperatury struktury, dzięki temu kostki te są odporne na uszkodzenia.

Obudowy

Wiodące firmy opracowały wiele typów stabilizatorów, przy czym ogromna większość z nich to wygodne do stosowania

stabilizatory trzykońcówkowe.

Stabilizatory trzykońcówkowe można podzielić na cztery podstawowe grupy:

- stabilizatory napięć dodatnich o ustalonym napięciu
- stabilizatory napięć ujemnych o ustalonym napięciu
- stabilizatory napięć dodatnich o napięciu ustalonym przez użytkownika
- stabilizatory napięć ujemnych o napięciu ustalonym przez użytkownika

Struktury umieszczone są w różnych obudowach, zależnie od maksymalnego prądu wyjściowego, ale na szczęście dla nas, użytkowników, przyjęto standardowy układ wyprowadzeń w obrębie każdej grupy. Komplet rysunków obudów znajdziesz w naszej ściągawce w następnym numerze EdW.

Nie próbuj zapamiętywać układu wyprowadzeń.

Swoją pamięć wykorzystaj do bardziej wzniosłych celów. Wystarczy, żebyś zrobił kserokopię z tych stron i, zgodnie z tytułem działu, miał ją zawsze pod ręką.

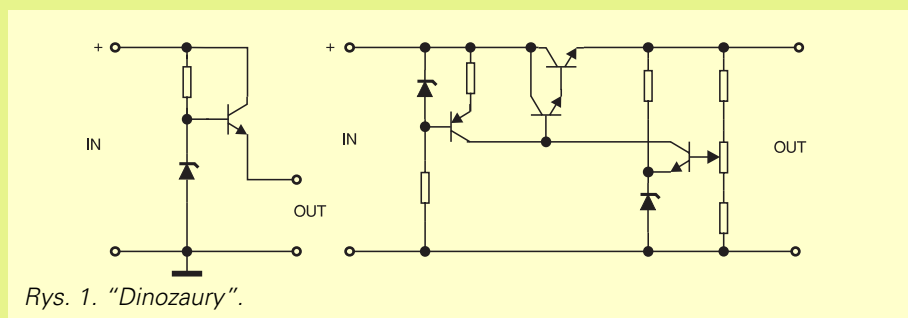
Podstawowe układy pracy

Podstawowe układy pracy poszczególnych stabilizatorów również znajdziesz w ściągawce.

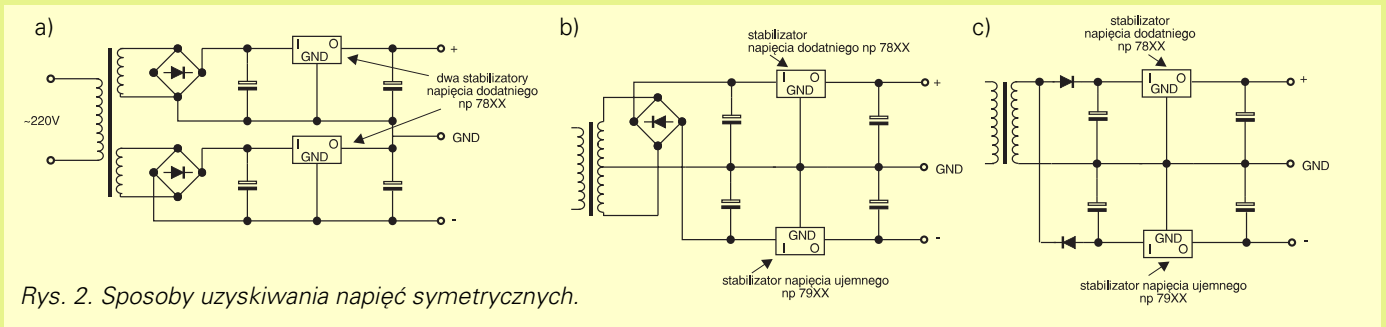
Jeśli jeszcze tego nie wiesz, zapamiętaj raz na zawsze, że WEJŚCIE to po angielsku INPUT; w katalogach napotkasz też skrócone oznaczenie wejścia: IN lub po prostu I. Podobnie WYJŚCIE to OUTPUT; w skrócie OUT lub krótko O. Oznaczenie GND to skrót od GROUND - grunt, ziemia, masa. Oznaczenie ADJ to skrót od ADJUST - dostrajac.

Czy nie zastanawiasz się, czym różnią się stabilizatory "dodatnie" od "ujemne"

Dla ułatwienia życia konstruktorom, w czterech grupach stabilizatorów trzykońcówkowych przyjęto standardowy układ wyprowadzeń.



Rys. 1. "Dinozaury".



nych”? W zasadzie w zasilaczu pojedynczym nie ma żadnej różnicy, czy jest zastosowany stabilizator dodatni, czy ujemny. Nawet napięcia symetryczne względem masy można uzyskać stosując dwa jednakowe stabilizatory w układzie z **rysunku 2a** - wymaga to jednak dwóch oddzielnych uzwojeń transformatora. Wydawałoby się więc, że wystarczą stabilizatory “dodatnie”. Jednak w praktyce, do uzyskania napięć symetrycznych względem masy najczęściej stosuje się transformatory z wyprowadzonym punktem środkowym uzwojenia lub prostowniki w układzie podwajacza. I wtedy dla uzyskania napięć symetrycznych względem masy wręcz konieczne jest zastosowanie stabilizatora napięcia ujemnego według **rysunku 2b** lub **2c**.

Czy wiesz, że każdy stabilizator o napięciu ustalonym może być wykorzystany do stabilizacji napięcia wyższego niż jego napięcie nominalne, w układzie według **rysunku 3a** lub **3b**. Rozwiązanie z **rysunku 3a** nie jest jednak stosowane w praktyce, ponieważ znacznie pogorszą się parametry stabilizacji.

Produkują się natomiast wiele stabilizatorów o napięciu dobowieranym przez użytkownika za pomocą dwóch rezystorów - układ pracy jest identyczny jak poprzednio - porównaj rysunki 3a i 3c. W takich stabilizatorach “dolna” końcówka oznaczana jest ADJ(ust), a nie GND. Stabilizatory takie mają zwykle parametry stabilizacji lepsze, niż stabilizatory o napięciu ustalonym.

Zasada pracy takich stabilizatorów oparta jest na “pilnowaniu” napięcia między wyjściem, a końcówką ADJ. W większości stabilizatorów tego typu, jeśli nie we wszystkich, owo napięcie, które możemy traktować jako napięcie odniesienia (wzorcowe), wynosi 1,25V (1,2...1,28V). Natomiast prąd, który wpływa lub wypływa z końcówki ADJ ma stałą wartość kilkudziesięciu mikroamperów. Natomiast w stabilizatorach o napięciu ustalonym prąd końcówki GND wynosi zwykle kilka mA.

Do poprawnej pracy takich stabilizatorów (w odróżnieniu od stabilizatorów o napięciu ustalonym), wymagany jest przepływ przez stabilizator pewnego minimalnego prądu obciążenia I_{Lmin} , zwykle 2...10mA. Jeśli taki “wstępny” prąd obciążenia będzie zbyt mały, napięcie na wyjściu będzie nadmiernie rosnąć. W praktyce wystarczy właściwie dobrać rezystory ustalające napięcie. Z podanego właśnie względu rezystor R1 włączony między wyjście a końcówkę Adj, zwykle ma stosunkowo małą rezystancję rzędu 220...330Ω. Rezystor R2 (między końcówką ADJ a masą) powinien mieć taką rezystancję, żeby uzyskać potrzebne napięcie wyjściowe. Często jest to potencjometr - wtedy napięcie wyjściowe można w prosty sposób regulować od napięcia minimalnego (wspomniane 1,2...1,28V) do pewnego napięcia maksymalnego zależnego od rezystancji R2 i napięcia na wejściu stabilizatora.

Dodatkowy kondensator o pojemności 10...22μF, włączony między masę a końcówkę ADJ, poprawia parametry

dynamiczne stabilizatora.

Trzeba także pamiętać, że każdy trzykońcówkowy stabilizator to dość skomplikowany układ scalony, który w pewnych warunkach może się wzbudzić. Z zasilacza robi się wtedy generator. Zjawisko to dość często występuje w konstrukcjach amatorów, którzy nie stosują właściwych środków zapobiegawczych.

Co prawda niektóre stabilizatory są bardzo stabilne i nie wymagają żadnych dodatkowych środków zapobiegających wzbudzeniu. Ale ponieważ różne firmy podają różne zalecenia, nawet odnośnie układów o takim samym oznaczeniu, dla bezpieczeństwa powszechnie stosuje się kondensatory C_{IN} i C_{OUT} o pojemności 10...100μF, które powinny być umieszczone blisko stabilizatora. Gdy duży kondensator filtrujący napięcie z prostownika umieszczony jest blisko stabilizatora, nie trzeba stosować kondensatora C_{IN} . Niektóre firmy zalecają stosowanie jako C_{IN} ceramicznego liczka

Przy wszelkich stabilizatorach trzykońcówkowych powinny być stosowane kondensatory zapobiegające wzbudzeniu, umieszczone blisko końcówek układu scalonego.

o pojemności 100nF, a jako C_{OUT} elektrolitu o pojemności 22...100μF.

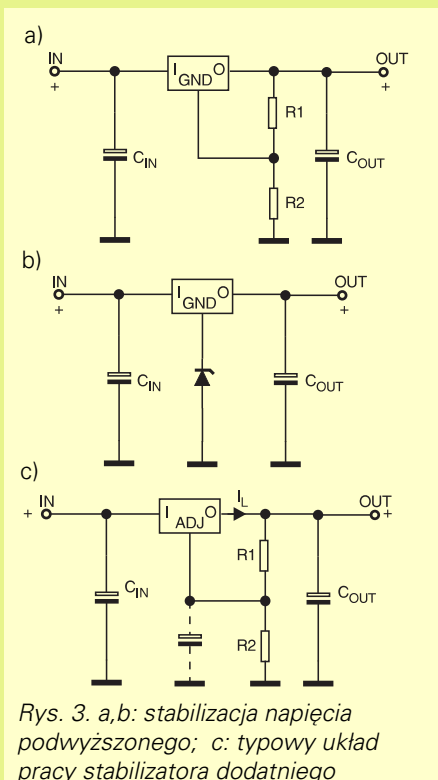
Podstawowe parametry

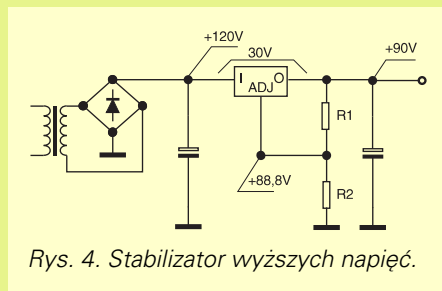
Parametrem nie wymagającym komentarza jest napięcie wyjściowe (stabilizatory o napięciu ustalonym) lub zakres napięć wyjściowych, w przypadku stabilizatorów o napięciu dobowieranym przez użytkownika.

W stabilizatorach o napięciu ustalonym, napięcie wyjściowe może różnić się od nominalnego najwyżej o 5%, ale zwykle odchyłka jest znacznie mniejsza.

Dla użytkownika ważnym parametrem jest maksymalne napięcie wejściowe (stabilizatory o napięciu ustalonym) i maksymalne napięcie różnicowe między wejściem a wyjściem dla stabilizatorów o napięciu regulowanym.

Warto wiedzieć, że stabilizatory o napięciu dobowieranym przez użytkownika mogą być stosowane do stabilizacji napięć dużo wyższych, niż ich dopuszczalne napięcie różnicowe. Przykład pokazuje **rysunek 4**.



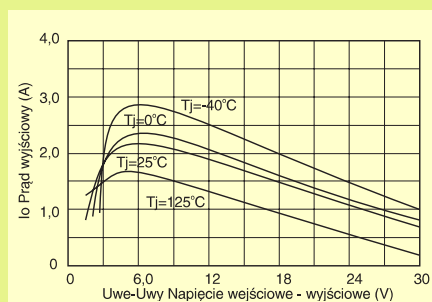


Rys. 4. Stabilizator wyższych napięć.

Kolejnym istotnym parametrem jest maksymalny prąd wyjściowy. Każdy stabilizator zawiera obwody ograniczające prąd do pewnej ustalonej wartości. Należy zawsze pamiętać, że podany prąd maksymalny to pewna umowna wartość katalogowa. W rzeczywistości maksymalny użyteczny prąd może być inny: zdecydowanie większy przy niskich temperaturach struktury, a niższy przy dużych napięciach między wejściem a wyjściem. **Rysunek 5** pozwala określić maksymalny prąd I_L , jaki można pobrać z bodaj najczęściej używanych stabilizatorów rodziny 78XX o prądzie nominalnym 1A, w zależności od napięcia między wejściem a wyjściem. Z jednej strony ograniczeniem jest tu minimalna wartość napięcia między wejściem a wyjściem U_{DO} , przy której stabilizator jeszcze poprawnie pracuje (wynosząca zwykle około 2V), z drugiej strony największe dopuszczalne napięcie wejściowe U_{IN} , wynoszące zwykle 35V, a przy kosztach na napięcie wyjściowe ponad 18V - 40V. Trzeba pamiętać, że podana na rysunku 5 temperatura, to temperatura struktury (która jest zawsze wyższa od temperatury otoczenia), wobec czego w praktyce nominalny prąd można pobrać tylko wtedy, gdy napięcie między wejściem a wyjściem nie przekracza 10...12V.

Charakterystyki innych trzykońcówkowych stabilizatorów mają podobny przebieg, tyle, że w zależności od wersji i obudowy, inne są wartości elementów w obwodzie zabezpieczenia i inny jest prąd maksymalny (od 100mA...10A).

Istotnym parametrem stabilizatora jest współczynnik stabilizacji napięcio-



Rys. 5. Maksymalny prąd obciążenia w funkcji napięcia wejście-wyjście układów 78XX.

wej, definiowany jako stosunek zmiany napięcia wyjściowego do wywołującej ją zmiany napięcia wejściowego. Niekiedy podaje się pokrewny parametr - tłumienie tętnień (100...120Hz) wyrażane w decybelach. Poszczególne firmy w różny sposób określają te właściwości. W każdym razie napięcie wyjściowe współczesnych stabilizatorów zmienia się jedynie o kilkadziesiąt miliwoltów przy zmianie napięcia wejściowego o kilkanaście woltów.

Innym ważnym parametrem jest współczynnik stabilizacji prądowej określany jako zmiana napięcia wyjściowego powstała pod wpływem zmiany prądu obciążenia. Jest to, inaczej mówiąc, rezystancja wyjściowa stabilizatora - wyraża się ją w mV/A lub poprostu w w czy mW. Rezystancja wyjściowa przedstawionych stabilizatorów dla częstotliwości poniżej 1kHz wynosi zazwyczaj kilkadziesiąt miliomów lub jeszcze mniej. Oznacza to, że przy zmianie prądu o 1A, napięcie obniży się nie więcej niż o kilkadziesiąt miliwoltów.

Spadek napięcia na stabilizatorze

Kolejnym bardzo ważnym parametrem jest minimalny spadek napięcia między wejściem a wyjściem stabilizatora, przy którym stabilizator jeszcze poprawnie pracuje. W literaturze angielskojęzycznej nazywa się on Dropout Voltage i jest oznaczany U_{DO} .

Stabilizator napięcia pracuje zazwyczaj w układzie jak na **rysunku 6a**.

Przy wyborze transformatora, kondensatora filtru i stabilizatora należy zwrócić uwagę, że napięcie na wejściu stabilizatora - U_{IN} , zmienia się w zależności od zmian napięcia sieci energetycznej i prądu obciążenia I_L ; ponadto

w napięciu tym występuje składowa zmienna, czyli tętnienia (o częstotliwości 50Hz przy prostowniku jednopółkowy, i 100Hz przy prostowniku pełnokresowym) o wartości zależnej od pojemności kondensatora filtrującego i prądu obciążenia I_L .

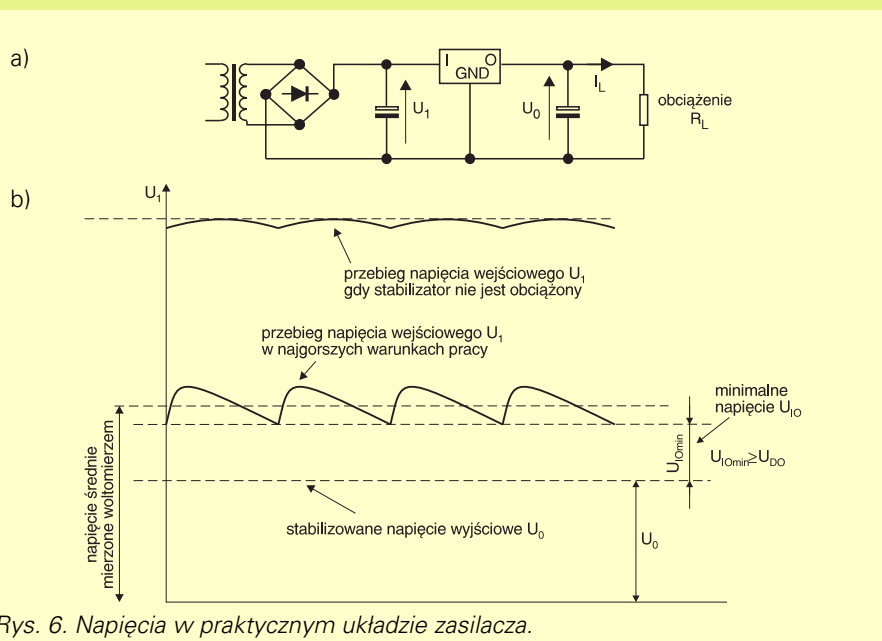
W najgorszych warunkach, czyli przy obniżonym o 10% napięciu sieci energetycznej i maksymalnym prądzie obciążenia, chwilowe napięcie na wejściu stabilizatora U_{IN} musi być wyższe od potrzebnego napięcia wyjściowego U_{OUT} o napięcie niezbędne do poprawnej pracy stabilizatora, jak pokazano to na **rysunku 6b**. To minimalne napięcie U_{IO} nie może być mniejsze od podanego w katalogu napięcia U_{DO} .

Należy przy tym pamiętać, że chodzi o najniższe napięcie wejściowe *chwilowe*, a nie o średnie napięcie wskazywane przez woltomierz napięcia stałego - dlatego należy napięcie tętnień sprawdzić oscyloskopem.

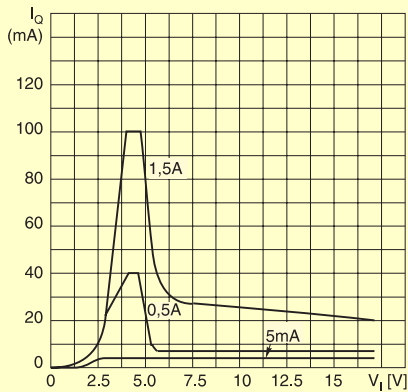
Jeśli napięcie wejściowe zbyttnio się obniży, to stabilizator przestanie spełniać swą funkcję i na jego wyjściu pojawią się duże tętnienia, w praktyce równe tętnieniom na wejściu.

Najprościej jest przyjąć, że minimalne napięcie U_{IO} zapewniające poprawną pracę stabilizatora w pełnym zakresie prądu obciążenia, wynosi 3V. To założenie jest prawdziwe dla praktycznie wszystkich stabilizatorów. Istnieją jednak typy stabilizatorów (oznaczane w katalogach LDO - Low Drop Out, mogące pracować już przy napięciu U_{DO} rzędu 0,2...1V. Póki co, stabilizatory takie są droższe i trudniej osiągalne, ale z upływem czasu stają się coraz bardziej popularne.

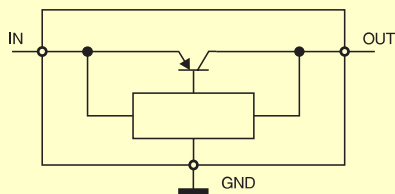
Piotr Górecki



Rys. 6. Napięcia w praktycznym układzie zasilacza.



Rys. 7a. Prąd pobierany przez stabilizator ???.



Rys. 7b. Typowy układ stabilizatora LDO.

Prąd spoczynkowy

Dla praktyka ważnym parametrem stabilizatorów na napięcie ustalone jest prąd spoczynkowy pobierany przez sam stabilizator. Zazwyczaj prąd ten wynosi 3...6mA, ale w przypadku wspomnianych stabilizatorów LDO (o których więcej dowiesz się z dalszej części artykułu) przy małych napięciach U_{IO} prąd spoczynkowy może wzrastać nawet do 100mA. Zobacz jak to wygląda na **rysunku 7a**, który pokazuje prąd pobierany przez sam stabilizator typu L4940 przy różnych prądach pracy i napięciach U_{DO} . Przyczyna jest prosta - jak pokazuje **rysunek 7b**, szeregowym elementem regulacyjnym jest w takim stabilizatorze tranzystor PNP, który dla osiągnięcia małego napięcia U_{CE} (napięcia nasycenia) wymaga znacznego prądu bazy.

Moc strat

Poważnym ograniczeniem występującym przy stosowaniu stabilizatorów, są straty mocy. Pamiętaj, że na każdym pracującym stabilizatorze wydziela się w postaci ciepła moc strat, którą można obliczyć mnożąc napięcie między wejściem a wyjściem stabilizatora przez płynący przezeń prąd obciążenia:

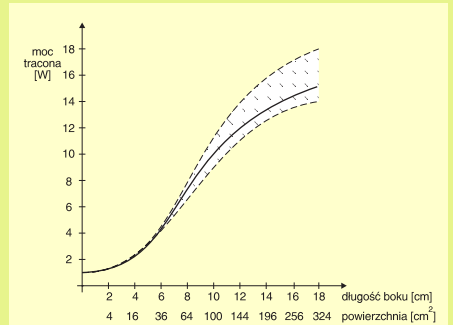
$$P = U_{IO} \times I_L$$

Zapamiętaj, że kostka w małej plastikowej obudowie TO-92 może rozproszyć około 500mW, a TO-220 bez radiatora - około 1W mocy strat. Można więc w przybliżeniu przyjąć, że przy prądach powyżej 100mA należy stosować radiator.

Bez radiatora, lub jeśli użyty radiator będzie za mały, ciepło nie będzie należyście odprowadzane: temperatura struktury wzrośnie do +150°C. Wtedy wbudowane zabezpieczenie ograniczy prąd i zmniejszy napięcie wyjściowe tak, żeby temperatura struktury nie przekroczyła wartości granicznej. Co gorsza, użytkownik nie będzie wiedział o takim ograniczeniu napięcia i może długo zastanawiać się, dlaczego jego układ po pewnym czasie zaczyna wariować, a po wyłączeniu zasilania i "odpoczynku" znów pracuje poprawnie.

Właściwie dobrany radiator jest konieczny również ze względu na niezawodność - awaryjność półprzewodników rośnie radykalnie ze wzrostem temperatury.

Ale nawet z najlepszym radiatorem układ w obudowie TO-220 nie jest w stanie rozproszyć więcej niż 5...30W. Zależy to głównie od tak zwanej rezystancji termicznej między strukturą, gdzie wydziela się ciepło, a obudową (R_{thjc}) oraz od rezystancji termicznej zastosowanego radiatora (R_{thra}). Szczegóły opiszę Ci kiedyś w artykule o radiatorach, ale już teraz awansem podaję Ci w tabe-



Rys. 8. Dobór powierzchni radiatora.

lach wartości R_{thjc} poszczególnych kostek. Na razie nie będziesz z nich korzystał, problem wytłumaczę Ci później.

Zauważ mianowicie, że kostki umieszczone w takiej samej obudowie (np. TO-220) mają różną maksymalną moc strat. Po prostu kryształ krzemu nie ma idealnego kontaktu termicznego z metalową wkładką radiatorową obudowy. Jakość tego połączenia termicznego zależy głównie od zastosowanej technologii produkcji.

Podana w katalogach maksymalna moc strat (P_{max} lub P_{tot}) mierzona jest przy wręcz idealnym chłodzeniu, a więc świadczy ona o wspomnianej rezystancji termicznej między złączem a obudową.

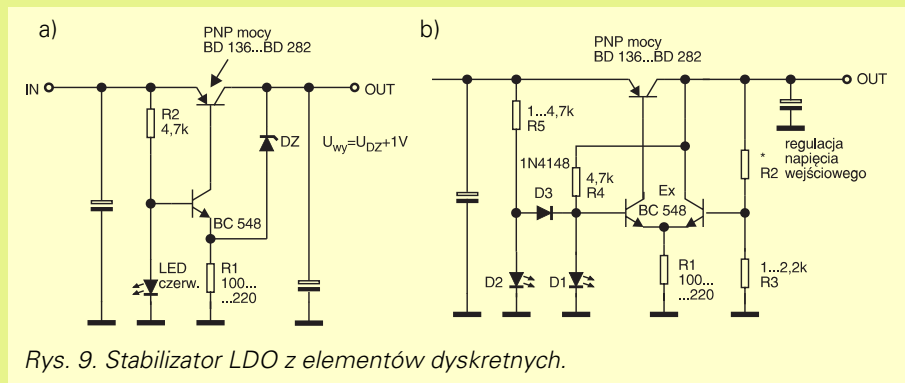
Zapamiętaj raz na zawsze, że w praktyce stosujemy radiatory dalekie od ideału, więc nigdy nie można odprowadzić do otoczenia tyle mocy (w postaci ciepła) ile podano w katalogu. Przyjmij, że przy przeciętnym radiatorze możesz stracić co najwyżej 40...70% podanej w katalogu maksymalnej mocy strat.

Praktyczną pomocą w doborze radiatora w postaci płaskiego, kwadratowego kawałka zwykłej blachy aluminiowej o grubości 2...3mm, będzie **rysunek 8**, pokazujący orientacyjnie, jakie wymiary (długość boku w cm) i powierzchnię (w cm^2) powinien mieć taki radiator. Oczywiście dotyczy to tylko stabilizatorów w obudowach większej mocy, np. TO-220, czy TO-3, a nie wersji w miniaturowej plastikowej obudowie TO-92 czy obudowie do montażu powierzchniowego.

Przy montażu elementów mocy, należy obowiązkowo posmarować miejsce styku układu z radiatorem przewodzącą ciepło pastą silikonową.

Rozważ przykład:

W Twoim układzie maksymalny prąd obciążenia wynosi 1,2A. Przy takim prądzie, woltmierzem napięcia stałego zmierzyłeś napięcie między wejściem a wyjściem stabilizatora. Wynosi ono 10V. W takich warunkach w stabilizatorze wydziela się $1A \times 10V = 10W$ mocy strat. Zastosowany stabilizator typu 7805 ma prąd maksymalny, zgodnie z rysunkiem 5, ponad 1A i maksymalną moc



Rys. 9. Stabilizator LDO z elementów dyskretnych.

strat równą 20W. Może więc śmiało pracować w podanych warunkach. Powinieneś tylko zgodnie z rysunkiem 8 dobrać odpowiedni radiator. Przy mocy 10W powinien on mieć powierzchnię około 100cm². Zastosuj więc blachę aluminiową o grubości 2...3mm i wymiarach około 10x10cm. Układ powinien być przykręcony mniej więcej na środku tego radiatora, a sam radiator ma być umieszczony pionowo.

Podany przykład jest trochę sztuczny, ponieważ zastosowanie transformatora, który przy prądzie maksymalnym daje napięcie o 10V większe od potrzebnego napięcia wyjściowego, jest ewidentnym błędem. Należy zastosować transformator, który przy prądzie maksymalnym i napięciu sieci obniżonym o 10% dostarczy napięcia o 3...4V większego niż potrzebne napięcie wyjściowe.

Ale opisana sytuacja może mieć miejsce np. w samochodzie, gdzie w czasie jazdy napięcie akumulatora jest bliskie 15V, a stabilizator ma zmniejszyć je do 5V.

Najpopularniejsze układy scalone

Obecnie najczęściej używane są stabilizatory napięć dodatnich serii 78XX i ujemnych - 79XX, gdzie ostatnie cyfry XX określają napięcie wyjściowe. Dodatkowa litera w środku oznaczenia informuje o maksymalnym prądzie pracy: L - 0,1A, M - 0,5A, bez litery - 1A lub 1,5A, S - 2A, T - 3A. Przykładowo

KIA78M12 ma napięcie wyjściowe 12V i prąd do 0,5A, L7805 ma napięcie wyjściowe 5V i prąd 1A, LM79L15 - 15V, 0,1A (ale 7852 ma napięcie 5,2V, a 7885 - 8,5V). Litery na początku oznaczenia wskazują producenta, i mogą być pominięte. Niektórzy wytwórcy stosują też dalsze litery na końcu oznaczenia wskazujące na zakres temperatur pracy i dokładność, jednak dla hobbysty nie ma to większego znaczenia.

Warto wiedzieć, że prąd spoczynkowy takich stabilizatorów jest prawie jednakowy dla wszystkich wersji, nawet wersji L, i wynosi około 4...5mA. Może to być krytycznym parametrem w układach bateryjnych i wtedy jedynym dobrym wyjściem jest rozejrzenie się za nowoczesnym stabilizatorem z prądem spoczynkowym rzędu mikroamperów.

Spośród stabilizatorów o napięciu dobieranym przez użytkownika najczęściej używane są stabilizatory LM317 (napięcia dodatnie) i LM337 (napięcia ujemne). Przy większych prądach także LM350.

Dziś praktycznie nie używa się już w popularnym sprzęcie stabilizatorów w drogich, metalowych obudowach TO-3, a tylko plastikowych TO-220 i TO-92. Coraz częściej spotyka się też elementy do montażu powierzchniowego.

Stabilizatory LDO

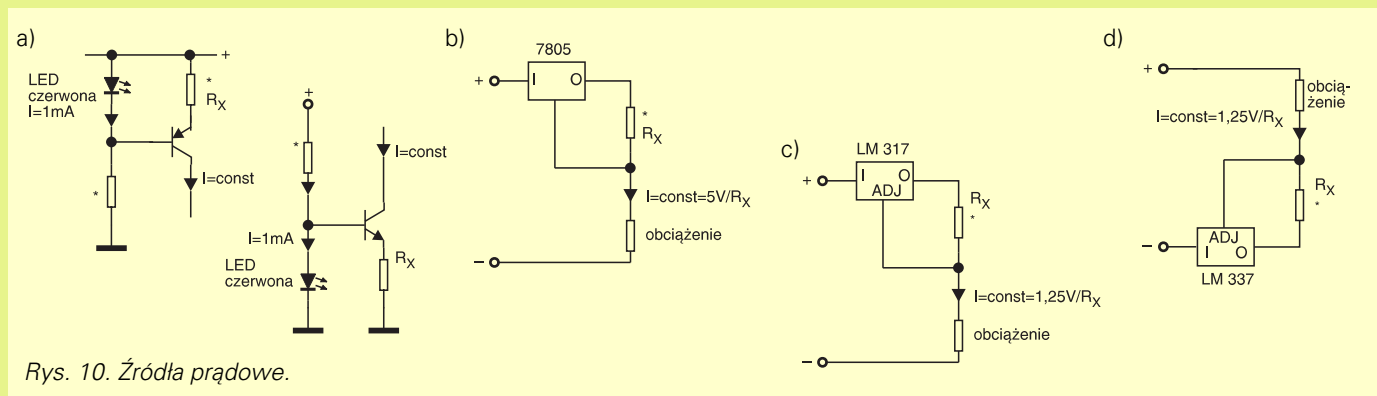
Jak Ci wspomniałem, coraz większą popularnością cieszą się stabilizatory typu Low Drop Out (LDO). Stosowane są przede wszystkim w urządzeniach zasilanych z akumulatorów i baterii, gdzie pozwalają wykorzystać praktycznie całą pojemność baterii. Zwykły stabilizator z napięciem U_{DO} rzędu 2V wymagałby albo zastosowania o jednego ogniwa więcej, albo nie pozwoliłby wykorzystać całej pojemności baterii. Ale nie ma różnicy bez kołców.

lanych z akumulatorów i baterii, gdzie pozwalają wykorzystać praktycznie całą pojemność baterii. Zwykły stabilizator z napięciem U_{DO} rzędu 2V wymagałby albo zastosowania o jednego ogniwa więcej, albo nie pozwoliłby wykorzystać całej pojemności baterii. Ale nie ma różnicy bez kołców.

Jak Ci wspomniałem, w zastosowaniach bateryjnych istotny jest prąd spoczynkowy I₀ pobierany przez sam stabilizator. Trzeba pamiętać, że starsze stabilizatory typu LDO, które są wymienione w ściągawce, mają wprawdzie małe napięcie U_{DO}, ale przy takim napięciu między wejściem a wyjściem, pobierają zwykle kilkadziesiąt lub więcej miliamperów prądu. Związane to jest z budową stabilizatora - elementem regulacyjnym stabilizatorów dodatnich jest tam zwykle tranzystor PNP, który przy pracy w zakresie nasycenia wymaga znacznego prądu bazy, płynącego od plusa zasilania do masy (porównaj rysunek 7). Nie ma to znaczenia w urządzeniach samochodowych korzystających z potężnego akumulatora, ale przy współpracy z niewielkimi bateriami może być poważnym ograniczeniem.

Ostatnio pojawiły się specjalizowane, nowoczesne stabilizatory na napięcia 3...10V, przeznaczone dla techniki motoryzacyjnej, do komputerów zasilanych napięciem 3,3V oraz do urządzeń łączności, na przykład telefonii komórkowej, w których elementem regulacyjnym jest tranzystor polowy - MOSFET P; prąd spoczynkowy takiego stabilizatora jest stały i wynosi kilka...kilkadziesiąt mikroamperów. Są to niemal idealne stabilizatory, mają rzeczywiście rewelacyjne parametry, ale dla przeciętnego hobbysty są jednak na razie zbyt drogie i trudno dostępne. Nie znalazły się one w naszych wykazach, mają bowiem inny układ wyprowadzeń.

Na **rysunku 9** znajdziesz dwa przykłady realizacji prostego stabilizatora typu LDO. Jest to jedyny praktyczny układ, jaki niekiedy warto jeszcze zbudować z elementów dyskretnych w przypadku, gdy występują trudności z zakupem sca-



Rys. 10. Źródła prądowe.

lonego stabilizatora LDO. Układ ma oczywiście parametry stabilizacji gorsze niż scalona kostka, ale może pracować przy napięciu U_{DO} nawet rzędu 0,2...0,5V. Rezystor R1 należy dobrać w zależności od napięcia stabilizacji, tak żeby maksymalny prąd płynący przez niego był o około 20...50 razy mniejszy niż maksymalny prąd obciążenia. Jeszcze lepszym rozwiązaniem byłoby nieznaczne przerobienie układu i użycie MOSFETA P zamiast tranzystora PNP.

Inne stabilizatory

Przed laty najpopularniejszym stabilizatorem scalonym był układ 723, który w kraju produkowano jako UL7523. Obecnie jest to już dinozaur i nie znajduje żadnego zastosowania w nowych konstrukcjach zasilaczy. Dla amatorów jest jednak nadal przydatny, ale już nie jako stabilizator, tylko jako kostka zawierająca wzmacniacz i dobre źródło napięcia odniesienia. Układ ten może być wykorzystywany do wielu konstrukcji, na przykład regulatorów temperatury. Dla takich celów trzeba znać jego schemat wewnętrzny, który również pokazano w ściągawce. Numery końcówek podano dla okrągłej metalowej obudowy TO-100, a w nawiasach numerację dla wersji w typowej plastikowej obudowie DIP-14.

W swojej praktyce na pewno nie raz będziesz potrzebował źródła napięcia wzorcowego (odniesienia), o dobrej stałości parametrów. W wielu zastosowaniach, gdy napięcie zasilające wynosi przynajmniej 9V, możesz wykorzystać kostkę 723, w której źródło napięcia odniesienia, czyli nóżka 4 (6) oferuje napięcie $7,15V \pm 0,35V$ o współczynniku zmian cieplnych poniżej 150ppm/K (0,015%/K) i może dostarczyć do 15mA prądu.

Obecnie powszechnie wykorzystuje się specjalne scalone źródła napięcia odniesienia, z których kilka przedstawiłem Ci w ściągawce na stronie ?.

Specyficzną odmianą stabilizatorów są stabilizatory prądu, zwane inaczej źródłami prądowymi. Utrzymują one stały prąd obciążenia, niezależnie od zmian napięcia wejściowego i rezystancji obciążenia. Wiedz, że do realizacji takich źródeł prądowych możesz wykorzystać stabilizatory napięcia. Dwa przykłady pokazane są na rysunku 10.

Produkowany jest też specjalny układ źródła prądowego LM334, którego opis też znajdziesz na stronie ?

Piotr Górecki

Objaśnienia do ściągawki

Przy stabilizatorach na napięcie ustalone podano najwyższe dopuszczalne napięcie wejściowe, czyli napięcie między końcówką masy a wejściem. W niektórych układach LDO (zwłaszcza przeznaczonych do układów samochodowych) do tego napięcia stabilizator pracuje normalnie, a przy większym napięciu wyłącza się, ale nie ulega uszkodzeniu. Szczegółów trzeba szukać w katalogach firmowych.

Natomiast przy stabilizatorach o napięciu dobieranym przez użytkownika podano maksymalne napięcie różnicowe U_{IOmax} (czyli napięcie między wejściem a wyjściem). Podane w tabelach wartości prądu I_{min} dotyczą najgorszych warunków, przy maksymalnym napięciu między wejściem a wyjściem U_{IO} . W praktyce przy mniejszych napięciach U_{IO} minimalny prąd obciążenia I_{min} może być 2...3 krotnie mniejszy.

Jeśli w którejś rubryce brakuje wartości danego parametru, to znaczy, że w dostępnych katalogach nie był on podany.

W tabelach podano wartości średnie, czyli spodziewane dla większości egzemplarzy. Jeśli obok w nawiasie podano drugą wartość, jest to wartość maksymalna, czyli gwarantowana dla wszystkich egzemplarzy.

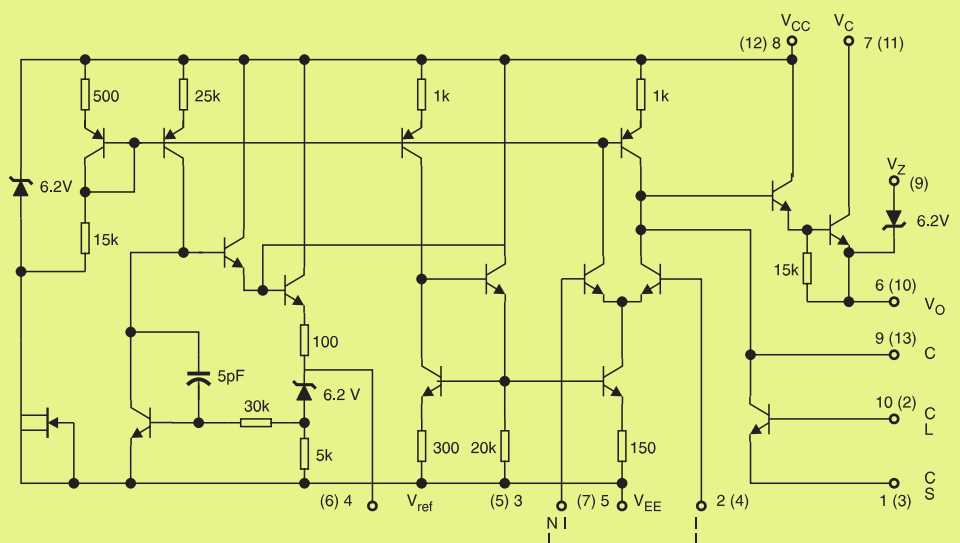
Podane informacje zaczerpnięte są z katalogów różnych producentów, przy czym zazwyczaj podano wartości najgorszego producenta. Ponieważ poszczególne firmy nieco odmiennie definiują parametry (zakres temperatur, napięcia pracy, prądy), nie można bezkrytycznie porównywać ich wartości. Szczególnie dotyczy to stabilizatorów typu LDO, a zwłaszcza ich napięć *drop out* U_{DO} oraz prądu pobieranego przez sam stabilizator I_Q .

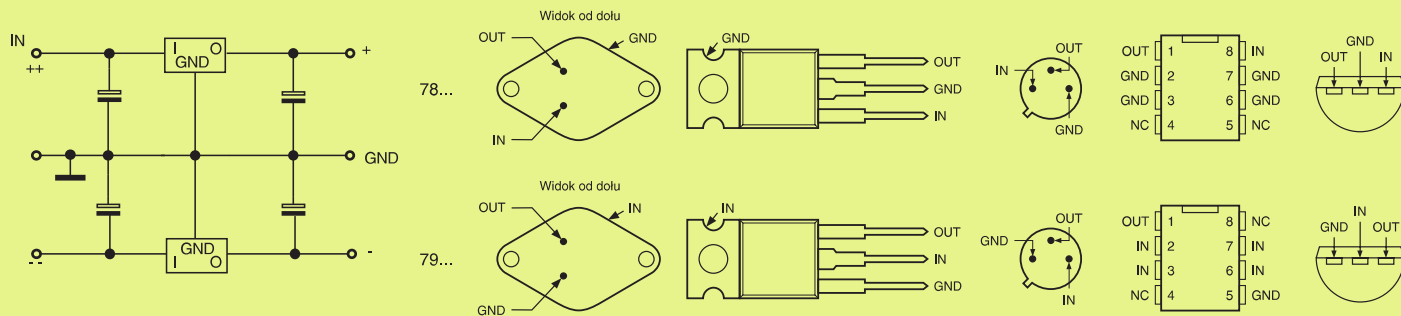
Podane zatrważająco duże wartości prądów I_Q (rzędu dziesiątków miliamperów) dotyczą sytuacji, gdy różnica napięć między wejściem a wyjściem U_{IO} jest rzędu 1V, czyli bliska napięciu U_{DO} ; gdy napięcie U_{IO} jest większe, stabilizator LDO pobiera jedynie kilka miliamperów prądu I_Q .

Przy niektórych stabilizatorach LDO podano minimalną pojemność C_{OUT} . Ogólnie biorąc, stabilizatory typu LDO są mniej stabilne i wymagają większych pojemności i mniejszych rezystancji ESR kondensatora C_{OUT} . Należy więc stosować kondensatory o pojemności 100µF lub jeszcze większej.

Na rynku można spotkać układy z rodziny LM29XX (np. LM2931) w obudowie pięcionóżkowej. Jest to wersja z napięciem wyjściowym dobieranym przez użytkownika. Z uwagi na inny układ wyprowadzeń, kostki te nie zostały wyszczególnione w tabelach.

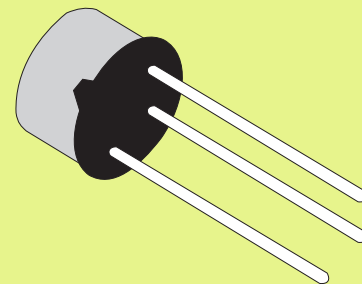
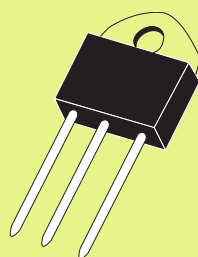
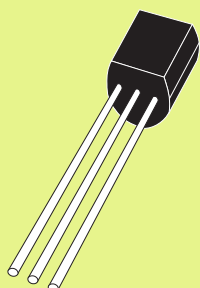
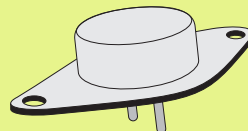
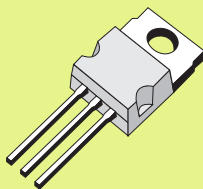
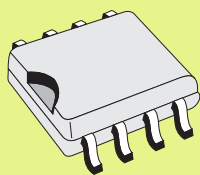
W tabelach można znaleźć parametry układów LM z oznaczeniem trzycyfrowym, zaczynającym się od cyfry 3 - np. LM317. Takie same parametry mają układy z oznaczeniami zaczynającymi się od cyfr 2 i 1 (LM217 i LM117). Takie układy przeznaczone są do zastosowań przemysłowych i specjalnych, mają w zasadzie takie same parametry, tylko szerszy zakres temperatur pracy - są więc trochę lepsze, ale też znacznie droższe i rzadziej spotykane.

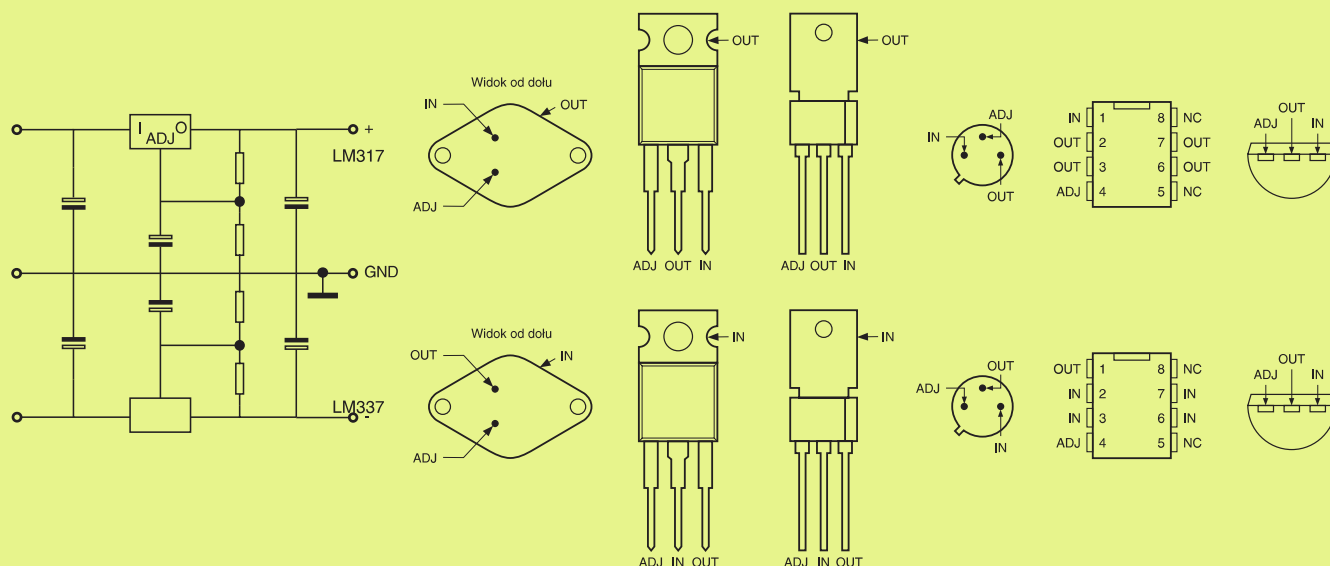




Stabilizatory napięć dodatnich o ustalonym napięciu wyjściowym

| Typ układu | Napięcie wyj. | Uin | IL | UDO | IL | IQ | Pmax | Rthja | Uwagi |
|--------------|-----------------|-----|------|------|------|----------|------|-------|-----------------------|
| 78XX | 5...24 | 35 | 1 | 2,2 | 1 | 4(8) | 20 | 4 | TO-220 |
| 78MXX | 5...24 | 35 | 0,5 | 2,5 | 0,5 | 4(8) | 7,5 | 5 | TO-220 |
| 78LXX | 5...24 | 35 | 0,1 | 2 | 0,1 | 3(5) | 0,5 | 230 | TO-92 |
| 78SXX | 5...24 | 35 | 2 | 2,2 | 2 | (8) | | 3 | TO-220 |
| 78TXX | 5;8;12;15 | 35 | 3 | 2,3 | 3 | 4(6) | 25 | 2,5 | TO-220 |
| L26XX | 5;8;5;10 | 26 | 0,5 | 1,9 | 0,5 | 20(45) | | 4 | TO-220 LDO COUT=100µF |
| L48XX | 5;8;5;9;2;10;12 | 26 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 65(90) | | 4 | TO-220 LDO COUT=100µF |
| L4940 | 5;8;5;10;12 | 17 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 30(50) | 20 | 3 | TO-220 LDO COUT=22µF |
| L4941 | 5 | 16 | 1 | 0,45 | 1 | 20(40) | 20 | 3 | TO-220 LDO COUT=22µF |
| L4945 | 5 | 26 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 110(180) | | 3 | TO-220 LDO COUT=47µF |
| L4950 | 8,5 | 26 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 110(180) | | 3 | TO-220 LDO COUT=47µF |
| L4951 | 10 | 26 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 110(180) | | 3 | TO-220 LDO COUT=47µF |
| LM309 | 5 | 35 | 1 | 2 | 1 | 5,2(10) | 20 | 3 | TO-3 |
| LM323(LT323) | 5 | 20 | 3 | 2,2 | 3 | 12(20) | 30 | 2 | TO-3 |
| LM340 | 5,12,15 | 35 | 1,5 | 2,2 | 1,5 | (6,5) | 15 | 4 | TO-220 |
| LM330 | 5 | 26 | 0,15 | 0,4 | 0,15 | 18(40) | | 4 | TO-220 LDO |
| LM341 | 5,12,15 | 35 | 0,5 | 2,2 | 0,5 | 4(10) | | 5 | TO-220 |
| LM342 | 5,12,15 | 30 | 0,25 | 2,3 | 0,25 | (6) | | 15 | TO-202 |
| LM2930 | 5;8 | 26 | 0,15 | 0,4 | 0,15 | 18(40) | 20 | 3 | TO-220 LDO |
| LM2931 | 5 | 26 | 0,1 | 0,4 | 0,1 | 15(30) | 20 | 5 | TO-220 LDO COUT=100µF |
| LM2936 | 5 | 40 | 0,05 | 0,25 | 0,05 | 1,5 | 0,5 | 195 | TO-92 LDO |
| LM2940 | 5;8;9;10;12;15 | 26 | 1 | 0,7 | 1 | 30(60) | 20 | 3 | TO-220, TO-3 LDO |
| LP2950 | 5 | 30 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 8(14) | | 180 | TO-92 |
| LP2954 | 5 | 30 | 0,25 | 470 | 0,25 | 21(33) | - | 3 | TO-220 LDO |
| LM3940 | 3,3 | 6 | 1 | 0,5 | 1 | 110(250) | 3 | - | TO-220(5V->3,3V) |
| LT1003 | 5 | 20 | 5 | 2,5 | 5 | 12(20) | 40 | 1,5 | TO-3 |
| TEA7605 | 5 | 28 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 75(100) | | 3 | TO-220 LDO COUT=10µF |
| TL780 | 5;12;15 | 35 | 1,5 | 2 | 1,5 | 3,5(8) | 15 | 5 | TO-220 |





Stabilizatory napięć ujemnych o ustalonym napięciu wyjściowym

| Typ układu | Napięcie wyj. | UIOd | IL | UDO | IL | IQ | Pmax | Rthja | Uwagi |
|------------|---------------|------|-----|-----|-----|-------|------|-------|------------|
| 79XX | -5...-24 | -25 | 1 | 2,5 | 1 | 4(8) | 15 | 5 | TO-220 |
| 79MXX | -5...-15 | -35 | 0,5 | | | 4(8) | | 5 | TO-220 |
| 79LXX | -5...-24 | -30 | 0,1 | 1,8 | 0,1 | 2(6) | 0,6 | 180 | TO-92 |
| LM320 | -5,-12,-15 | -25 | 1,5 | 2,5 | 1,5 | 1(2) | 15 | 4 | TO-220 |
| LM345 | -5 | -20 | 3 | 2 | 3 | 1(3) | 25 | 2 | TO-3 |
| LM2990 | -5...-15 | -26 | 1 | 0,6 | 1 | 9(50) | 20 | 2,5 | TO-220 LDO |

Stabilizatory napięć dodatnich o napięciu dobieranym przez użytkownika

| Typ układu | Napięcie wyj. V | UIO _{MAX} V | IL A | I _{min} mA | UDO V | IL A | I _{Adj} μA | Pmax W | Rthjc K/W | Uwagi |
|--------------|--------------------|-------------------------|---------|------------------------|----------|---------|------------------------|-----------|--------------|-------------------------|
| LM317(LT317) | 1,2-37 | 40 | 1,5 | 3,5(10) | 2,5 | 1,5 | 50(100) | 20 | 3 | |
| LM317HV | 1,2-57 | 60 | 1,5 | 3,5(12) | 2,2 | 1,5 | 50(100) | 20 | | |
| LM317L | 1,2-37 | 40 | 0,1 | 3,5(5) | 1,8 | 0,1 | 50(100) | 0,6 | 170 | TO-92 |
| LM317M | 1,2-37 | 40 | 0,5 | 3,5(10) | 2,1 | 0,5 | 50(100) | 7,5 | 7 | TO-220 |
| LM338(LT338) | 1,2-32 | 35 | 5 | 3,5(5) | 2,8 | 5 | 45(100) | 25(50) | 4(1) | TO-220(TO-3) |
| LM350 | 1,3-33 | 35 | 3 | 3,5(10) | 2,3 | 3 | 50(100) | 25 | 3(4) | TO-220 |
| LM396 | 1,2-15 | 20 | 10 | 10 | 2,5 | 10 | 50(100) | 70 | 1(1,2) | TO-3 |
| LT1038 | 1,2-32 | 35 | 10 | 7(20) | 2,7 | 10 | 50(100) | 75 | 1 | TO-3 |
| LT1083 | 1,2-32 | 35 | 7,5 | 5(10) | 1,4 | 7,5 | 55(120) | 45 | 1 | TO-220, TOP-3 LDO |
| LT1084 | 1,2-32 | 35 | 5 | 5(10) | 1,4 | 5 | 55(120) | 30 | 1 | TO-220, TOP-3 LDO |
| LT1085 | 1,2-32 | 35 | 3 | 5(10) | 1,4 | 3 | 55(120) | 30 | 1 | TO-220, TOP-3 LDO |
| LT1086 | 1,2-24 | 25 | 1,5 | 5(10) | 1,4 | 1,5 | 55(120) | 15 | (4) | TO-220, TOP-3 LDO |
| TL783 | 1,2-125 | 125 | 0,7 | (15) | 10 | 0,5 | 83(110) | 20 | 4 | TO-220 wysokonapięciowy |

Stabilizatory napięć ujemnych o napięciu dobieranym przez użytkownika

| Typ układu | Napięcie wyj. V | UIOd V | IL A | I _{min} mA | UDO V | IL A | I _{Adj} μA | Pmax W | Rthja K/W | Uwagi |
|--------------|--------------------|-----------|---------|------------------------|----------|---------|------------------------|-----------|--------------|--------|
| LM337(LT337) | 1,2-37 | 40 | 1,5 | 2,5(10) | 2,5 | 1,5 | 65(100) | 15 | 4 | TO-220 |
| LM337HV | 1,2-47 | 59 | 1,5 | 2,5(10) | 2,5 | 1,5 | 65(100) | | 3 | TO-3 |
| LM337M | 1,2-37 | 40 | 0,5 | 2,5(10) | 2 | 0,5 | 65(100) | 7,5 | 7 | TO-220 |
| LM337L | 1,2-37 | 40 | 0,1 | 3,5(5) | | | 50(100) | 0,6 | 160 | TO-92 |
| LM333 | 1,2-32 | 35 | 3 | 2,5(5) | | | 70(100) | 30 | 4 | TO-220 |
| LT1033 | 1,2-32 | 35 | 3 | 2,5(5) | 2,8 | 3 | 65(100) | 30 | 4 | TO-220 |