

Moduł zasilacza z układem 723

Minizasilacz laboratoryjny

Zasilacz z charakterystyką foldback

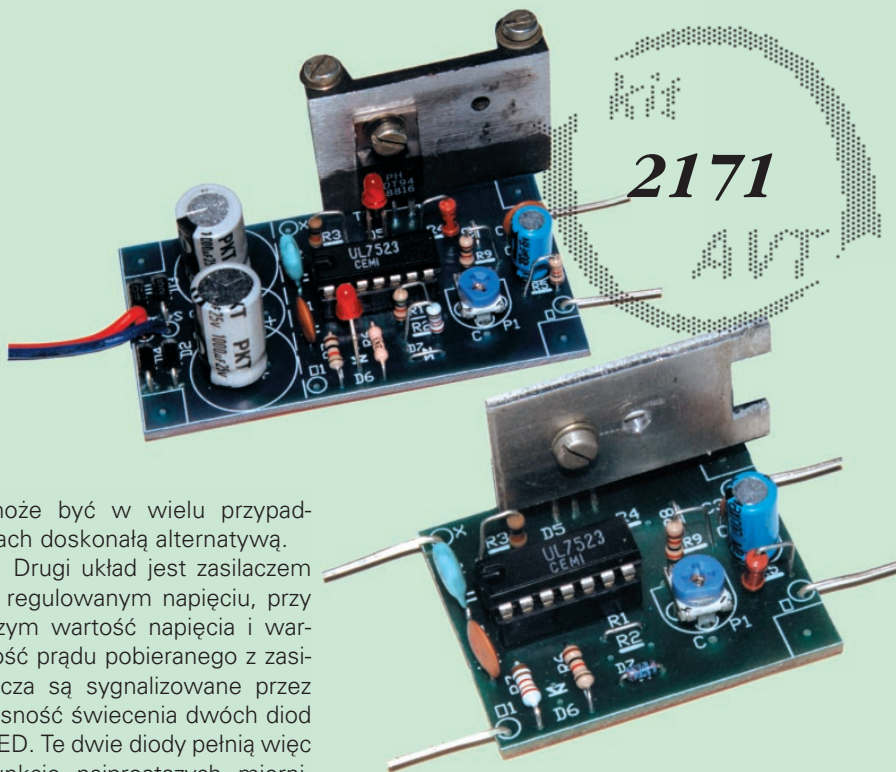
Do czego to służy?

W dziale „Najsłynniejsze aplikacje” opisano szeroko układ stabilizatora 723. Układ ten umożliwia budowę wielu interesujących układów, niekoniecznie zasilaczy i stabilizatorów. Poniżej opisano dwa przykłady wykorzystania układu 723 do budowy stabilizatorów o małym wymaganym napięciu pracy między wejściem a wyjściem – w literaturze takie stabilizatory określane są jako LDO (LowDropOut). Typowe stabilizatory z rodziny 78XX wymagają do poprawnej pracy napięcia między wejściem a wyjściem przynajmniej rzędu 2V. Opisane dalej stabilizatory mogą pracować przy mniejszej różnicy napięć – do poprawnej pracy wystarczy napięcie rzędu 100mV. Ma to duże znaczenie wszędzie tam, gdzie ważne jest wykorzystanie całego dostępnego napięcia, na przykład przy stabilizacji napięcia akumulatora lub baterii.

Jeden z przedstawionych układów jest stabilizatorem napięcia 12V z ograniczeniem prądowym typu foldback, czyli inaczej mówiąc, z redukcją prądu podczas zwarcia wyjścia. Ponieważ do tej pory scalone stabilizatory LDO są stosunkowo drogie i trudno dostępne, przedstawiony układ z tanią kostką 723

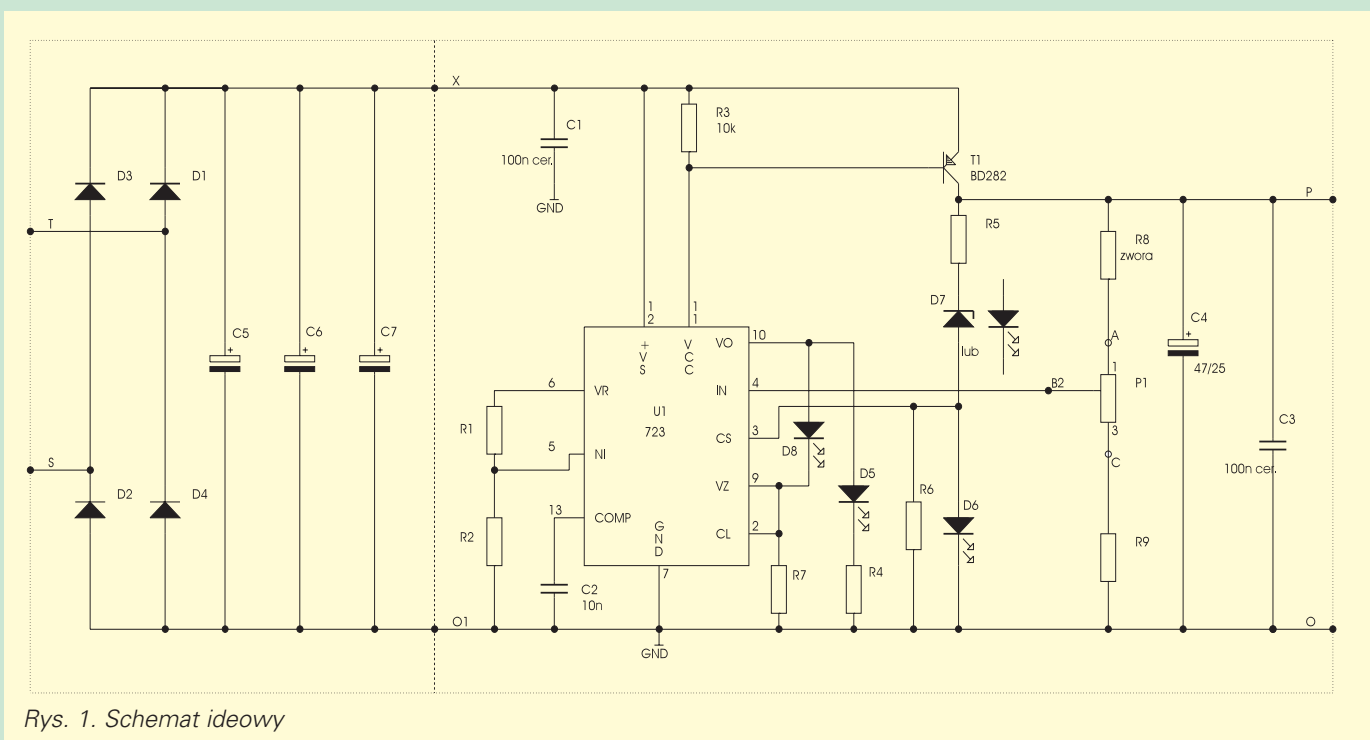
może być w wielu przypadkach doskonałą alternatywą.

Drugi układ jest zasilaczem o regulowanym napięciu, przy czym wartość napięcia i wartość prądu pobieranego z zasilacza są sygnalizowane przez jasność świecenia dwóch diod LED. Te dwie diody pełnią więc funkcje najprostszych mierników czy wskaźników. Taki minizasilacz laboratoryjny można polecić wszystkim tym, którzy na razie nie mają funduszy na zakup lub budowę solidnego zasilacza ze wskaźnikami cyfrowymi.

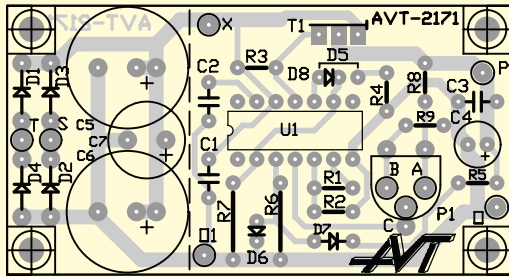


Jak to działa?

Pełny schemat ideowy modułu zasilacza pokazany jest na rysunku 1, stosowna płytka drukowana – na rysunku 2. Numeracja nóżek układu scalone-



Rys. 1. Schemat ideowy



Rys. 2. Schemat montażowy

go dotyczy wersji w 14–nóżkowej obudowie DIL.

W praktyce nie wszystkie elementy będą montowane – zależy to będzie od wersji.

Moduł stabilizatora wyposażono dodatkowo w mostek prostowniczy D1 – D4 i kondensatory filtrujące C5 – C7. Tę część można odciać według linii i zaznaczonej na schemacie i płytce.

W każdej wersji wykorzystany będzie zewnętrzny tranzystor regulacyjny PNP – T1. Taki sposób włączenia tranzystora T1 czyni ze stabilizatora układ typu LDO, ponieważ zapewnia dobrą stabilizację w bardzo szerokim zakresie napięć kolektor – emiter tego tranzystora. Stabilizator będzie skutecznie stabilizował napięcie wyjściowe, byle tylko napięcie wejściowe (na emiterze T1) było większe przynajmniej o 100mV od potrzebnego napięcia na wyjściu (na kolektorze T1). Jest to cenna zaleta stabilizatora, bo pozwala w pełni wykorzystać napięcie wejściowe.

Obwody stabilizacji napięcia pracują następująco.

Wzmacniacz błędów kostki 723 na bieżąco porównuje napięcia na swoich wejściach (nóżki 4 i 5). Na wejście nieodwracające podane jest napięcie wzorcowe (odniesienia) z nóżki 6. Napięcie na nóżce 5 można ustawić za pomocą dzielnika R1, R2 w zakresie 2...7,15V, zależnie od potrzeb.

W czasie normalnej pracy, napięcie na nóżce 4 (wejście odwracające wzmacniacza błędów) jest takie same, jak napięcie na nóżce 5. Napięcie to uzyskiwane jest z suwaka potencjometru P1 – a więc potencjometr ten pozwala regulować napięcie wyjściowe stabilizatora.

Gdy z jakichś powodów napięcie wyjściowe chwilowo nieco się zmniejszy (np. wskutek zwiększenia prądu obciążenia), wtedy zmniejszy się też napięcie na nóżce 4 wzmacniacza błędów. Ponieważ jest to wejście odwracające, obniżenie napięcia na tym wejściu spowoduje wzrost napięcia na wyjściu wzmacniacza błędów. Dla nas jest ważne, że wyjście steruje pracą wewnętrznego tranzystora regulacyjnego NPN. Wzrost napięcia na wyjściu wzmacniacza błędów otworzy więc ten tranzystor, czyli zwiększy

prąd przezeń płynący. Emiter tego tranzystora jest wyprowadzony na nóżkę 10, i przez obwód D5, R4 dołączony do masy. Natomiast kolektor tranzystora regulacyjnego, dołączony do końcówki 11, współpracuje bezpośrednio z zewnętrznym tranzystorem T1. Prąd płynący przez wewnętrzny tranzystor regulacyjny jest

jednocześnie prądem bazy tranzystora T1 (pomijając niewielki prąd płynący przez R3). A więc zwiększenie prądu wewnętrznego tranzystora regulacyjnego zwiększy też prąd tranzystora T1, a tym samym zwiększy napięcie na wyjściu stabilizatora, przywracając równowagę.

Z kolei przy zwiększeniu napięcia wyjściowego (pod wpływem jakichś zewnętrznych czynników), napięcie na końcówce 4 wzrośnie, a tym samym wzmacniacz błędów zmniejszy prąd wewnętrznego tranzystora regulacyjnego i tranzystora T1, przywracając właściwe napięcie wyjściowe.

Zrozumienie zasady działania obwodu stabilizacji napięcia nie przysparza żadnych trudności. Trochę bardziej złożone jest działanie obwodów ograniczenia prądowego, gdzie wykorzystuje się nóżki 2 i 3.

Rysunek 3 pokazuje konfigurację tych obwodów w wersji zasilacza o ustalonym napięciu 12V i charakterystyce ograniczania prądu typu foldback (pozostałe elementy wg wykazu).

Gdy napięcie wyjściowe jest prawidłowe (12V), to na rezystorze R6 i na nóżce 3 występuje napięcie rzędu 1,5V. Obwód ograniczania prądu zacznie działać wtedy, gdy napięcie na nóżce 2 będzie o około 0,6V większe, niż napięcie na nóżce 3. Należy zauważyć, że napięcie na rezystorze R7 (i na nóżce 2) jest proporcjonalne do płynącego prądu. A co to za prąd?

Jak łatwo zauważyć, jest to po prostu prąd bazy tranzystora mocy T1! Czym większy prąd wyjściowy (prąd kolektora T1), tym większy będzie też prąd jego bazy, czyli napięcie na rezystorze R7. Przy zwiększaniu prądu wyjściowego (i prądu bazy T1), napięcie na nóżce 2 przekroczy w końcu wymagany próg i tranzystor ograniczający otworzy się. Prąd wyjściowy nie będzie mógł dalej wzrastać, bo musia-

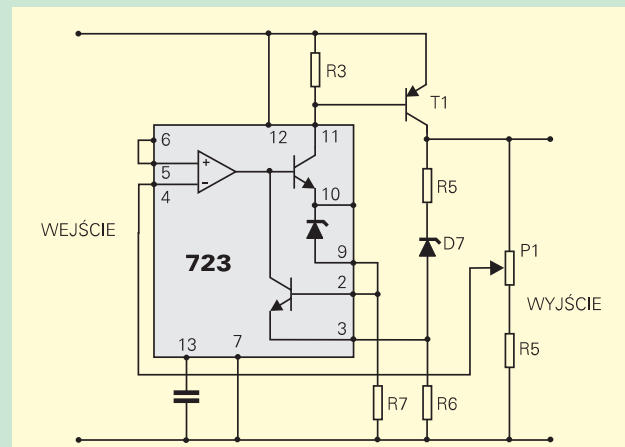
łoby przy tym wzrosnąć napięcie na nóżce 2, a na to nie pozwala tranzystor ograniczający.

W sumie wartość maksymalnego prądu wyznaczona jest wartością rezystancji R7. Należy jednak zauważyć, że nie można tu podać prostego wzoru na dobrą wartość R7 dla pożądanego prądu maksymalnego, a to dlatego, że w grę wchodzi tu jeszcze wzmocnienie prądowe (I_c/I_B) tranzystora T1. Dlatego ostatecznie wartość R7 trzeba dobrać eksperymentalnie.

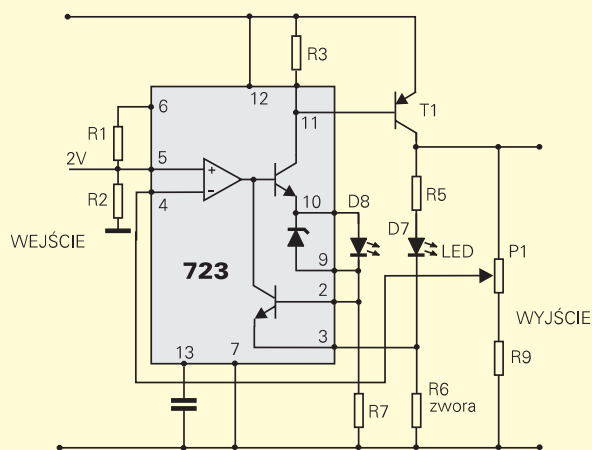
Teraz pora wyjaśnić działanie charakterystyki foldback. Powyższe rozważania dotyczyły sytuacji, gdy napięcie na wyjściu stabilizatora było równe 12V. Gdy jednak wyjście zostanie zwarte (albo nadmiernie obciążone), to napięcie na rezystorze R6 zmniejszy się, nawet do 0V. Co to oznacza? Wcześniej do otwarcia tranzystora ograniczającego potrzebne było napięcie na nóżce 2 wynoszące mniej więcej 2,1V (1,5V+0,6V). Teraz, gdy napięcie na nóżce 3 wynosi 0V, obwód ograniczenia zadziała już przy napięciu na nóżce 2 (i rezystorze R7) wynoszącym 0,6V, czyli przy znacznie mniejszym prądzie bazy T1. To oznacza, że przy zwarciu wyjścia, prąd zostanie ograniczony do wartości znacznie mniejszej, niż dopuszczalny prąd maksymalny przy napięciu wyjściowym 12V.

Bardzo interesująca właściwość! Z egzemplarza modelowego, pokazanego na fotografii 1 przy napięciu wyjściowym 12V można pobierać prąd od 0 do 200mA, natomiast przy zwarciu wyjścia prąd zwarcia wynosi tylko 40mA!

Drugim proponowanym urządzeniem jest minizasilacz laboratoryjny, którego układ połączeń obwodu ograniczania prądu pokazano na **rysunku 4**. Tym razem na nóżkę 5 podawane jest napięcie odniesienia o wartości 2V, a więc napięcie wyjściowe można regulować od 2V wzwyż.



Rys. 3. Zasilacz 12V LDO foldback



Rys. 4. Zasilacz regulowany

Jasność diody LED wlotowanej zamiast diody Zenera D7 wskazuje przybliżoną wartość napięcia wyjściowego.

Tym razem nie uzyskuje się charakterystyki typu foldback.

Jasność dodatkowej diody D8 wlotowanej między nóżki 9 i 10 wskazuje przybliżoną wartość płynącego prądu.

Rezystor R7 wyznacza prąd maksymalny, który może sięgać wartości ponad 1A, zależnie od użytego transformatora, tranzystora T1 i radiatora dla T1. Regulując rezystancję R7 (np. skokowo przełącznikiem), można w prosty sposób zmieniać zakresy prądowe takiego minizasilacza. Regulacja potencjometrem nie wchodzi w grę choćby ze względu na konieczność eksperymentalnego doboru wartości R7 wskutek rozrzutu wartości wzmocnienia tranzystora T1. Jeśli zasilacz miałby pracować

dwie jednakowe diody LED. Nie należy jednak stosować w miejsce T1 „darlingtona” PNP.

Zastosowany transformator powinien mieć napięcie dostosowane do napięcia użytych kondensatorów C5–C7, natomiast sam układ scalony może być zasilany napięciem 9...40V. Przy kondensatorach C5–C7 na napięcie 25V, napięcie (zienne) transformatora nie powinno być większe niż 19V.

W proponowanych układach elementy R4, D5, D6 nie były wykorzystane – mogą one być użyte w innych aplikacjach.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu jest klasyczny. Zastosowane elementy nie są podatne na uszkodzenia ładunkami statycznymi, dlatego kolejność montażu jest dowolna.

Przy montażu jednej z proponowanych wersji należy skorzystać z rysunku 3 lub 4, oraz ze spisu elementów.

Wykaz elementów

Minizasilacz laboratoryjny – AVT 2171

Rezystory

- P1: potencjometr obrotowy 10kΩ
- R1: 5,6kΩ
- R2: 2,2kΩ
- R3: 10kΩ
- R5, R9 : 1kΩ
- R7: wstępnie 1kΩ (dobrać we własnym zakresie wg potrzeb)
- R8: zwora

Kondensatory

- C1, C3 : 100nF ceramiczny
- C2: 1,5nF
- C4: 47μF/25V
- C5: 1000μF/25V (2×470μ/25V)

Półprzewodniki

- D1, D2, D3, D4: 1N4001...7
- D7, D8: LED 3mm czerw.
- T1: PNP mocy np. BD282 (BDT 94)
- U1: 723 (UL 7523)

Pozostałe

- pokrętko potencjometru P1
- plytka wg rys. 2

Uwaga! Elementy R4, R6, C6, C7, D5, D6 oraz obudowa i transformator nie wchodzi w skład zestawu AVT 2171.

Wykaz elementów

Stabilizator z ograniczeniem

typu foldback (nie wchodzi w skład zestawu AVT 2171)

Rezystory

- P1: 10kΩ montażowy
- R1, R8 : zwora
- R3: 10kΩ
- R5: 2,0kΩ lub 2,2kΩ
- R6, R9 : 1kΩ
- R7: wstępnie 1kΩ (dobrać we własnym zakresie wg potrzeb)

Kondensatory

- C1, C3: 100nF ceramiczny
- C2: 1,5nF
- C4: 47μF/25V

Półprzewodniki

- D7: dioda Zenera 7,5V
- T1: PNP mocy np. BD282
- U1: 723

Pozostałe

- R2, R4, D5, D6, D8: nie stosować

przy prądach wyjściowych poniżej 200mA, należy zastosować tranzystor T1 o niewielkim wzmocnieniu (by jego prąd bazy w widoczny sposób zaświecał diodę D8, ewentualnie trzeba zastosować nowoczesną niskoprądową diodę D8. Z kolei przy prądach wyjściowych większych od 1A należy zastosować tranzystor T1 o dużym wzmocnieniu, albo też w miejsce D8 włączyć równolegle

W związku z rozrzutem wartości wzmocnienia tranzystora T1, dla uzyskania konkretnej wartości prądu maksymalnego trzeba dobrać indywidualnie wartość rezystora R7. W układzie z rysunku 4 nie stanowi to problemu: wystarczy włączyć amperomierz między końcówki wyjściowe i dobrać R7. Natomiast w układzie z rysunku 3 z charakterystyką foldback, nie można zwierzać wyjścia amperomierzem, bo wtedy płynie niewielki prąd zwarcia. Dobór prądu maksymalnego trzeba przeprowadzić przy zastosowaniu obciążenia w postaci potencjometru drutowego dużej mocy, albo innego układu obciążającego – w każdym razie regulację prądu maksymalnego należy przeprowadzać, kontrolując nie tylko prąd, ale i napięcie na wyjściu stabilizatora, które to napięcie przez cały czas dobierania rezystora R7 powinno być równe napięciu nominalnemu. Wymaga to użycia dwóch mierników i zmiennego obciążenia – tylko dlatego projekt ten został uznany za trudniejszy i otrzymał dwie gwiazdki.

Na początku artykułu wspomniano, że stabilizator może pracować przy bardzo małych napięciach między wejściem a wyjściem. Jest to prawda, ale wprowadzenie obwodów ograniczania prądu z elementami R5–R7 i D7 pogarsza te właściwości. Przykładowo w egzemplarzu modelowym z układem foldback wymagany spadek napięcia na tranzystorze T1 przy prądzie 150mA wyniósł 0,7V, natomiast bez układu ograniczenia prądu (bez elementów R5–R7) – tylko 70mV.

Dlatego w sytuacjach, gdy najważniejsze jest praca przy małych napięciach wejściowych, raczej nie należy wykorzystywać obwodu ograniczania prądu (bez elementów R5–R7) – należy montować elementy R5–R7 i D7, a nóżki 2 i 3 pozostawić niepodłączone.

Możliwości zmian

Układ 723 został wyczerpująco opisany w „Najstydniejszych aplikacjach” i wielu Czytelników zechce wykorzystać płytkę przedstawioną na rysunku 2 w jeszcze inny sposób, według własnych potrzeb. Należy tylko zwrócić uwagę, że układ nie ma zabezpieczenia termicznego i przy większych prądach tranzystor T1 musi być wyposażony w stosowny radiator.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2171.