

Stabilizator 723

Jednym z niewielu układów scalonych, opracowanych we wczesnych latach siedemdziesiątych, a produkowanych nieprzerwanie do dziś jest stabilizator napięcia o oznaczeniu 723.

Układ ten został opracowany przez amerykańską firmę Fairchild i produkowany jako μ A723.

Szybko inne zachodnie firmy zaczęły produkować odpowiedniki układu 723 (L123, SC723, SFC2723, TBA281, MIC723, NE550), a z czasem układ ten pojawił się także w krajach bloku socjalistycznego, produkowany m.in. przez czeską Teslę jako MAA723, a w Polsce przez CEMI jako UL7523.

Dziś, pomimo upływu tylu lat, kostka nadal jest produkowana przez liczne znane firmy i to pomimo pojawienia się wielu najróżniejszych konkurencyjnych stabilizatorów scalonych.

Co zadecydowało o sukcesie układu 723?

Być może, jak często bywało w elektronice, częściowo stało się to za sprawą przypadku. Być może przyczyną była dobra reklama, która dotarła do większości konstruktorów. Może powodem była wyjątkowa uniwersalność?

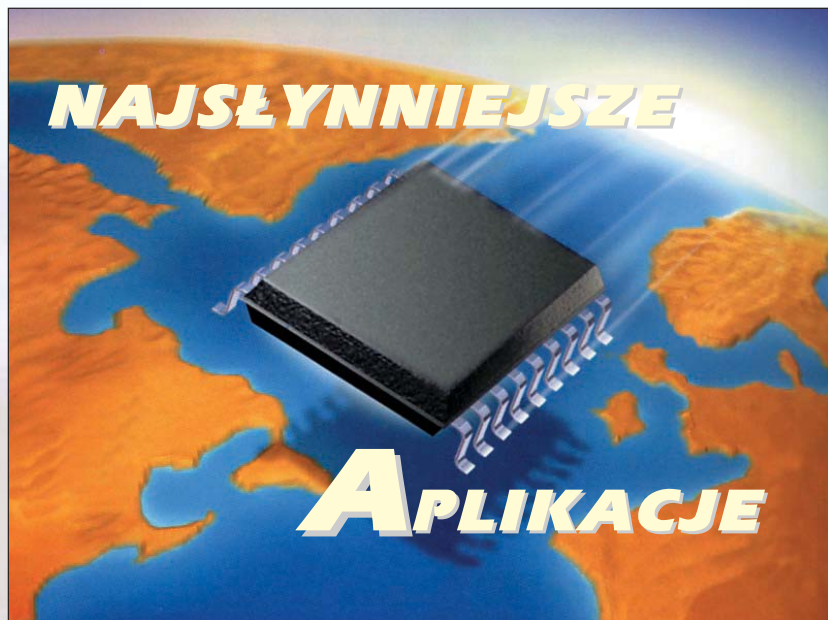
W każdym razie trzeba wiedzieć, że nie była to pierwsza i jedyna „jaskółka” na rynku stabilizatorów monolitycznych. W początkowym okresie obecności na rynku opisywanej kostki, istniały i nawet cieszyły się znaczną popularnością nieco inne stabilizatory konkurencyjnych firm, mające podobne parametry.

W każdym razie kostka 723 przetrwała do dziś.

Czy to znaczy, że jest to jakaś rewelacja, którą należy stosować w jak największej ilości nowo opracowywanych urządzeń?

Nie! Jak się za chwilę okaże, kostka ma rzeczywiście przyzwoite parametry (jak na swój wiek), ale wcale nie jest żadną rewelacją. Dziś w zasilaczach do popularnego sprzętu z reguły stosujemy trzykońcówkowe stabilizatory rodzin 78XX i 79XX.

Niemniej jednak kostkę 723 warto zaprezentować w dziale „Najsłynniejsze aplikacje” nie tylko ze względu na jej długowieczność, ale i na fakt, że do dziś może być ona wykorzystywana w wielu, przede wszystkim nietypowych zastosowaniach. Aby wykorzystać układ w nietypowych zastosowaniach, nie wystarczy poznać klasyczne schematy aplikacyjne, podawa-



ne w licznych książkach i w katalogach – trzeba dokładnie zrozumieć budowę wewnętrzną tej w sumie dość prostej, ale niewątpliwie ciekawej i uniwersalnej kostki.

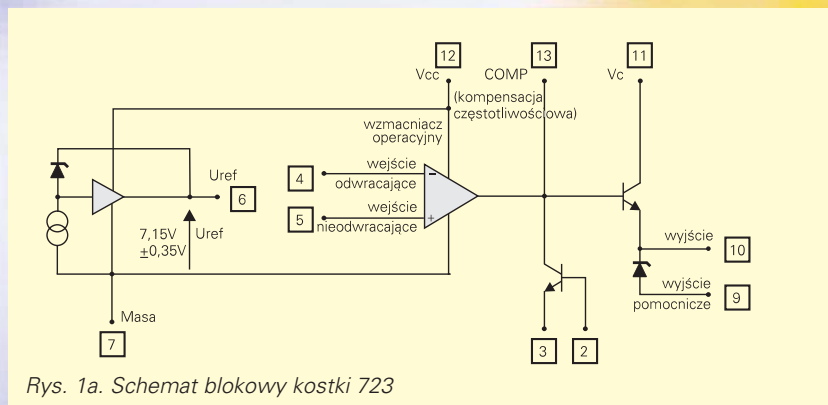
Niebagatelne znaczenie ma fakt, że układ ten jest powszechnie dostępny, czasem można go kupić na giełdzie za śmiesznie niską cenę 20...30 groszy (zwłaszcza polską wersję UL7523 lub czeską MAA723).

Budowa wewnętrzna i parametry

Na **rysunku 1a** pokazano blokowy schemat wewnętrzny układu 723. W wielu przypadkach nie trzeba znać szczegółowego schematu wewnętrznego, wystarczy ten schemat blokowy.

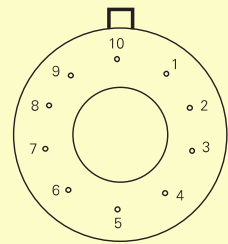
Układ 723 był i jest produkowany zarówno w dziesięcionóżkowej obudowie metalowej z 10 wyprowadzeniami, jak i w typowej 14-nóżkowej plastikowej obudowie DIL, a ostatnio także w małej obudowie plastikowej SMD. Numery wyprowadzeń dla obu wersji podane są na **rysunku 2**, gdzie przedstawiony jest szczegółowy schemat wewnętrzny. Obecnie zdecydowanie częściej spotykane są kostki w plastikowej 14-nóżkowej obudowie DIL, dlatego numery końcówek podane na wszystkich pozostałych rysunkach dotyczą tej wersji.

Przy projektowaniu druku należy przewidzieć miejsce pod typową 14-nóżkową kostkę w obudowie DIL. Układ w okrągłej obudowie metalowej można bez trudu wlutować w tak przygotowane otwory

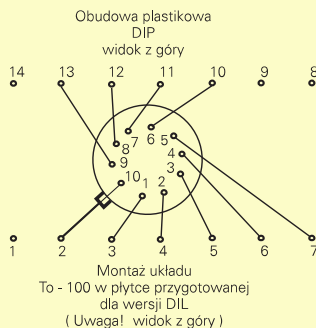
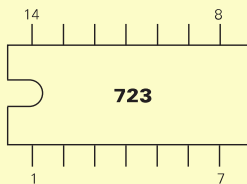


Rys. 1a. Schemat blokowy kostki 723

Najstynniejsze aplikacje



Obudowa metalowa
To - 100
widok od spodu



Rys. 1b. Numeracja wyprowadzeń układu

plytki – wystarczy odpowiednio rozgiąć nóżki. Jest to dziecinnie proste – nóżek tych nie trzeba krzyżować. Pomocą będzie tu porównanie numeracji nóżek obu wersji podanej na **rysunku 1b**.

Tabela zawiera najważniejsze parametry układu scalonego.

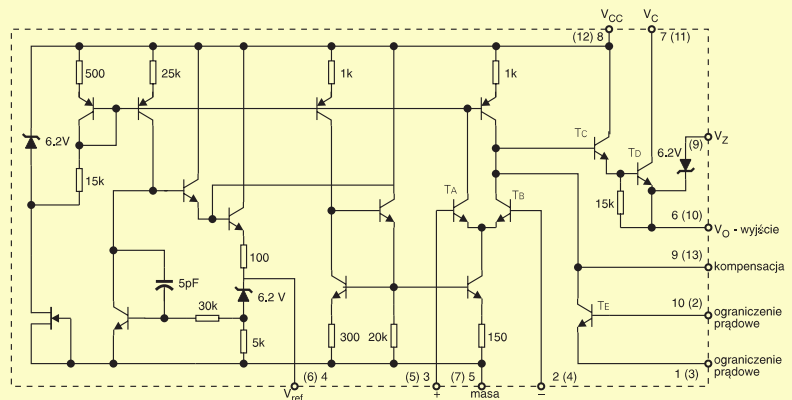
Działanie układu

Z grubsza biorąc, zasada działania typowego stabilizatora jest następująca (patrz **rysunek 3**):

Tabela

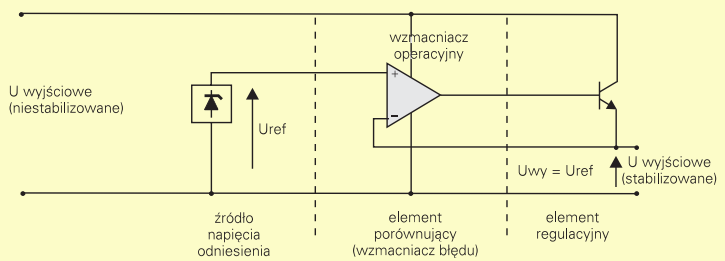
Parametry dopuszczalne układu 723

Zakres napięć zasilania (końcówki 12, 7): (chwilowo do 50V)	9,5...40V
Zakres napięć wyjściowych:	2...37V
Maksymalny prąd wyjściowy (końcówki 10, 11):	150mA
Maksymalny prąd wyjścia napięcia odniesienia (n. 6):	15mA
Maksymalny prąd końcówki 9:	25mA
Maksymalne napięcie na wejściu 5: (dotyczy tylko kostek niektórych producentów)	8V
Maksymalne napięcie między wejściami 4, 5:	5V
Dopuszczalna moc strat (przy temp. otoczenia +25 C): (zależnie od producenta)	500...1250mW
Napięcie odniesienia (n. 6):	typ. 7,15V (6,80...7,50V)
Prąd spoczynkowy (n. 12):	typ. 2,3mA, max 4,0mA



w nawiasach – obudowa plastikowa DIL
bez nawiasów – numery wyprowadzeń obudowy okrągłej TO-100

Rys. 2. Szczegółowy schemat wewnętrzny układu 723



Rys. 3. Schemat blokowy typowego stabilizatora

W układzie występuje zawsze jakiś element regulacyjny – zazwyczaj jest to tranzystor mocy. Otwiera się on lub przymyka tak, by napięcie na wyjściu stabilizatora miało potrzebną wartość.

Żeby sterować pracą tego elementu regulacyjnego potrzebne są jeszcze dwa bloki.

Jednym z nich jest źródło napięcia wzorcowego, zwanego napięciem odniesienia. Napięcie tego źródła odniesienia powinno być jak najbardziej stabilne, to znaczy niezależne od temperatury zasilania i poboru prądu.

Mówiąc najprościej, napięcie źródła odniesienia jest na bieżąco porównywane z napięciem na wyjściu stabilizatora i w zależności od wyniku porównania, element regulacyjny jest otwierany lub przymykany.

Dlatego drugim niezbędnym blokiem stabilizatora jest układ porównujący, zwany najczęściej wzmacniaczem błędów (błędów między napięciem wzorcowym, a napięciem wyjściowym). Wszystkie wymienione bloki występują w kostce 723.

Przeciętnemu elektronikowi może się wydawać, że stabilizator to stabilizator i na tym koniec. W przypadku układu 723 jest to pogląd błędny. Kostka zawiera kilka oddzielnych bloków, które mogą być wykorzystane niezależnie, i w sumie wcale nie muszą tworzyć stabilizatora, tylko układ pełniący zupełnie inne funkcje.

Właśnie dlatego dokładnie przyjrzymy się tym oddzielnym blokom, a nie będziemy kłaść nacisku na typowe zastosowania.

1. Układ wytwarzania napięcia odniesienia.

Jak widać na rysunku 1, kostka 723 zawiera źródło napięcia odniesienia o wartości $7,15V \pm 0,35V$. Dla wnikliwego użytkownika ważne jest, że źródło to ma bardzo dobre parametry, ale tylko przy zasilaniu

niu układu napięciem nie mniejszym od 9,5V (9,5...40V). Przy mniejszym napięciu zasilania parametry są radykalnie gorsze.

Wydawałoby się, że pięcioprocentowa dokładność napięcia odniesienia 7,15V to żadna rewelacja. W rzeczywistości, dla konstruktora nie jest ważne, jaki jest rozrzut wartości tego napięcia, czyli czy źródło daje 6,9V, czy 7,4V – ważne jest natomiast na ile to napięcie jest stabilne.

Konstruktorom układu 723 udało się uzyskać bardzo dobrą stabilność temperaturową tego napięcia: typowo wynosi ona 0,003%/°C, maksymalnie dla nielicznych kostek jest większa i może sięgać do 0,015%/°C.

To znaczy, że przy zmianie temperatury, powiedzmy o 30°C, napięcie odniesienia zmieni się tylko o:

$$30^{\circ}\text{C} \times 0,003\%/^{\circ}\text{C} = 0,09\%$$

Dla napięcia 7,15V daje to zmianę tylko o

$$7,15\text{V} \times 0,09\% = 6,435\text{mV}$$

Jak widać, jest to bardzo dobra stabilność – takich zmian napięcia nie sposób wykryć nawet 3,5-cyfrowym multimetrem, a tym bardziej miernikiem wskazówkowym!

Kostka 723 (choćby jej stary krajowy odpowiednik UL7523) jest więc bardzo tanim, bardzo dobrym źródłem napięcia wzorcowego.

Warto jeszcze wiedzieć, że wartość tego napięcia niewiele zmienia się z upływem czasu: po 1000 godzinach pracy nie powinna zmienić się więcej niż 0,1%.

Dzięki zastosowaniu stabilnej diody Zenera oraz wzmacniacza wyjściowego, z opisywanego bloku (czyli z końcówki Vref) można pobierać prąd do 15mA bez pogorszenia się stabilności tego napięcia wzorcowego.

Przy projektowaniu konkretnego układu wykorzystującego świetne źródło odniesienia kostki 723 należy zwrócić baczną uwagę na stabilność rezystorów używanych w obwodach dzielników. Bardzo często okazuje się, że znakomite parametry źródła odniesienia są całkowicie niewykorzystane wskutek zastosowania najtańszych rezystorów węglowych, mających duży współczynnik temperaturowy (kilkakrotnie większy niż wspomniane 0,003%/°C). Dlatego w układach precyzyjnych konieczne trzeba tu stosować dobre rezystory metalizowane o tolerancji 1%.

2. Wzmacniacz błędu.

Kostka 723 zawiera w sobie wzmacniacz operacyjny o przyzwoitych parametrach.

Część młodych Czytelników może nie wie, co to jest wzmacniacz operacyjny. Szczegóły nie są ważne: wzmacniacz ten porównuje napięcia na obu swoich we-

jęściach i jego wyjściu napięcie wzrasta lub opada, w zależności od różnicy napięć na obydwu wejściach. Ponieważ napięcie odniesienia wynosi 7,15V, a napięcie wyjściowe może być ustawione w zakresie 2...37V, dla dopasowania napięć wejściowych wzmacniacza błędu stosuje się odpowiednio dobrane dzielniki rezystorowe.

Jak pokazuje **rysunek 2**, wzmacniacz błędu jest bardzo prosty, bo w zasadzie składa się tylko z dwóch tranzystorów (T_A i T_B). Jednak dzięki zastosowaniu obciążenia w postaci źródła prądowego, wzmocnienie napięciowe jest znacznie większe, niż wzmocnienie prądowe użytych tranzystorów.

Napięcie wyjściowe wzmacniacza błędu dostępne jest na końcówce nr 13 (oznaczanej Kompensacja Częstotliwości). W zasadzie jest to szczęśliwy przypadek – w układzie typowego stabilizatora nie ma potrzeby wyprowadzania na zewnątrz tego punktu. Wyprowadzenie to pojawiło się tylko ze względu na konieczność kompensacji częstotliwościowej tego wzmacniacza – ze względu na duże wzmocnienie całego układu pracującego w roli stabilizatora (i ze względu na pewne przesunięcia fazowe), stabilizator mógłby się wzbudzać, czyli zamieniać się w generator. Zapobiega temu kondensator kompensujący. Kondensator taki można dołączyć na dwa sposoby:

– między końcówki 13 i 4 – potrzebna pojemność wynosi 100pF

– między końcówkę 14 a masę – potrzebna pojemność wynosi 1nF.

Kondensator kompensujący zawsze jest potrzebny w układzie stabilizatora. Natomiast przy nietypowym wykorzystaniu wzmacniacza błędu nie zawsze jest konieczny, czasem można go nie stosować.

W każdym razie wyjście wzmacniacza w postaci końcówki 13, choć dostępne, jest bardzo rzadko wykorzystywane w praktyce. Przyczyną jest między innymi fakt, że jakiegokolwiek zewnętrzne obciążenie dołączone do tego punktu zmniejsza wzmocnienie wzmacniacza błędu. Dlatego nawet w nietypowych zastosowaniach zazwyczaj wyjściem jest jedna z końcówek tranzystora regulacyjnego (nóżka 10 lub 11).

Dla praktyka bardzo ważne jest zrozumienie ograniczeń możliwości opisywanego wzmacniacza błędu. Przede wszystkim chodzi o zakres dopuszczalnych napięć wejściowych i wyjściowych.

Napięcia podawane na wejścia wzmacniacza błędu nie powinny być niższe niż 1,8V. Przy niższych napięciach tranzystory tworzące ten wzmacniacz mogą w ogóle nie pracować.

Napięcia wyjściowe wzmacniacza błędu w zasadzie mogłyby być większe, nawet niemal równe napięciu zasilającemu (podawanemu na końcówkę 12). Ale tu tkwi pewna pułapka! Przy zwiększaniu napięcia na wejściach wzmacniacza błędu, jednocześnie zmniejsza się zakres jego napięcia wyjściowego. Jeśli na przykład kostka zasilana jest napięciem 12V, a napięcia na wejściach wzmacniacza błędu wynosząby, powiedzmy 10V, wtedy napięcie na wyjściu wzmacniacza (czyli na końcówce 13) mogłoby się zmieniać jedynie w zakresie od około 9,4 do około 11,5V. Przyczyna leży po prostu w tym, że napięcie na kolektorze tranzystora oznaczonego T_B na rysunku 2, nie może przecież spaść poniżej jego napięcia bazy o więcej niż 0,6V, nawet przy nasyceniu tego tranzystora. To jest oczywiste, ale często bywa przeoczone przez niewprawnych konstruktorów.

Drogi Czytelniku, żeby ustrzec się tego błędu, pracuj z możliwie niskimi napięciami na wejściach wzmacniacza błędu (nóżki 4 i 5) – zalecany zakres wynosi 1,8...7,15V. Układy 723 niektórych wytwórców mają układ wewnętrzny nieco inny, niż pokazuje rysunek 2, i wtedy występuje dodatkowe ograniczenie na napięcie wejściowe wzmacniacza błędu – napięcie na wejściach 4 i 5 nie może być większe niż 8V!

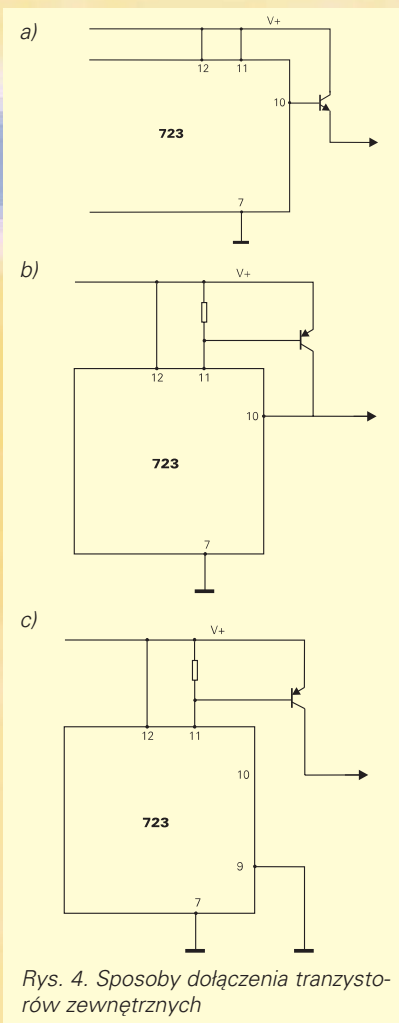
Układ 723 jest naprawdę bardzo uniwersalny, ale pomijanie opisanego właśnie ograniczenia (na napięcie wyjściowe, w zależności od napięć wejściowych wzmacniacza błędu), często staje się przyczyną kłopotów i błędnego, lub nawet braku jakiegokolwiek działania. Dotyczy to zarówno wykorzystania kostki do budowy nietypowych stabilizatorów, jak i urządzeń o innym przeznaczeniu.

3. Tranzystor wyjściowy.

Do wyjścia wzmacniacza błędu dołączone są dwa tranzystory (T_C i T_D), z których drugi ma kolektor i emiter wyprowadzone na zewnątrz przez końcówki 10 i 11.

W zasadzie ten tranzystor jest głównym tranzystorem regulacyjnym i on zamyka się lub otwiera, utrzymując właściwe napięcie na wyjściu stabilizatora. W tranzystorze tym podczas przepływu prądu obciążenia, wydziela się moc strat w postaci ciepła. Przy temperaturze otoczenia wynoszącej +25°C w układzie scalonym można wydzielić co najwyżej 1W takiej mocy strat – temperatura płytki krzemowej wyniesie przy tym około +150°C. Przy większej mocy strat temperatura struktury będzie jeszcze większa, co doprowadzi do szybkiego nieodwracalnego uszkodzenia układu – w przeciwieństwie do większości współczesnych trzy-

Najstydniejsze aplikacje



Rys. 4. Sposoby dołączenia tranzystorów zewnętrznych

końcówkowych stabilizatorów, kostka 723 nie ma zabezpieczeń termicznych uniemożliwiających jej uszkodzenie. Wzrost temperatury wywołany znaczną mocą strat jest też niekorzystny ze względu na zmianę niektórych parametrów, nie tylko wartości napięcia odniesienia.

Dlatego w wielu zastosowaniach wykorzystuje się dodatkowe zewnętrzne tranzystory mocy. Kostka nagrzewa się wtedy nieznacznie, i jej parametry zmieniają się w pomijalnym stopniu. Jeśli będziesz wykorzystywał układ 723 do precyzyjnych zastosowań, nie zapomnij o tym fakcie!

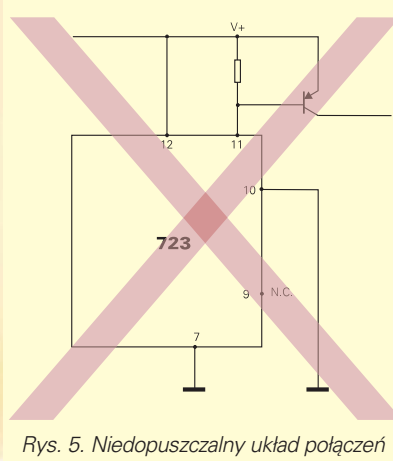
Teraz kolejna ważna sprawa. Genialnym posunięciem konstruktorów układu scalonego było wyprowadzenie na zewnątrz obudowy nie tylko emitera i kolektora tranzystora regulacyjnego, ale i wprowadzenie dodatkowej diody Zenera (6,2V) dołączonej do emitera. Dostęp do tych trzech punktów (końcówki 9, 10 i 11) umożliwia najróżniejsze wykorzystanie wewnętrznego tranzystora regulacyjnego, a co ważniejsze, pozwala dołączać i różnie wykorzystywać dodatkowe tranzystory zewnętrzne różnego typu.

Tu należy przypomnieć, że podawana numeracja dotyczy kostki w typowej obudowie plastikowej – układ w dziesięcionóżkowej obudowie metalowej nie daje możliwości dostępu do wspomnianej diody Zenera – nie ma po prostu odpowiednika nóżki 9.

Rysunek 4 pokazuje tylko kilka możliwych sposobów dołączenia tranzystorów zewnętrznych. Rozumny konstruktor ma tu szerokie pole do popisu i może wykorzystywać kostkę naprawdę w najróżniejszy sposób, dołączając odpowiednio elementy zewnętrzne, niekoniecznie tranzystory.

W tym miejscu należy wspomnieć, że stosując rozumnie układy według rysunku 4b, a zwłaszcza 4c, można zbudować stabilizator typu Low Drop Out, czyli stabilizator mogący pracować przy bardzo małej (rzędu kilkudziesięciu miliwoltów) różnicy napięć między wejściem a wyjściem tego stabilizatora – typowe stabilizatory mogą pracować tylko przy spadku napięcia na stabilizatorze większym od 2V. Jest to bardzo cenna zaleta, i właśnie stara kostka 723 może być dobrą alternatywą w stosunku do scalonych stabilizatorów typu LowDropOut, które póki co, nadal są drogie. Przykład takiego stabilizatora pokazany jest w dziale Elektronika-2000 w tym numerze EdW.

Aby nie naciąć się na przykre niespodzianki, trzeba przy tym stale pamiętać o wspomnianych wcześniej ograniczeniach napięcia wyjściowego, zależnie od napięcia na wejściach wzmacniacza błędów. Właśnie ze względu na te ograniczenia nie można podłączać tranzystora wyjściowego tak, jak pokazuje rysunek 5,

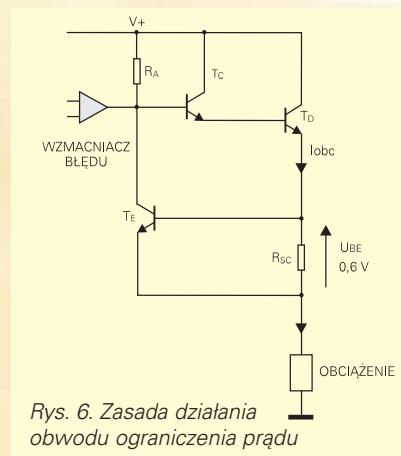


Rys. 5. Niedopuszczalny układ połączeń

i dlatego dodano diodę Zenera i końcówkę nr 9, która umożliwi połączenie, jak na rysunku 4c.

4. Obwód ograniczania prądu.

Kostka 723 zawiera dodatkowy tranzystor npn, dołączony kolektorem do wy-



Rys. 6. Zasada działania obwodu ograniczenia prądu

ścia wzmacniacza błędów. Tranzystor ten przeznaczony jest do realizacji ograniczenia prądu wyjściowego.

Ideę pokazuje rysunek 6. Gdy spadek napięcia na rezystorze szeregowym R_{SC} , umieszczonym w obwodzie wyjściowym stabilizatora, przekroczy napięcie progowe tranzystora (czyli 0,55...0,7V), wtedy tranzystor ten otworzy się i przejmie prąd źródła prądowego (reprezentowanego na rysunku 6 przez rezystor R_A) zasilającego bazę tranzystorów wyjściowych i tym samym nie pozwoli na wzrost prądu, niezależnie od zmian obciążenia. Nawet przy zwarciu obciążenia nie popłynie większy prąd, bo obwód ograniczenia obniży napięcie na wyjściu tego wzmacniacza nawet aż do zera – tranzystory wyjściowe T_C i T_D nie będą się mogły bardziej otworzyć, i prąd stabilizatora nie będzie mógł wzrosnąć powyżej wartości wyznaczonej stosunkiem napięcia U_{BE} tranzystora T_E i wartością niewielkiego rezystora R_{SC} włączaną między nóżki 2 i 3.

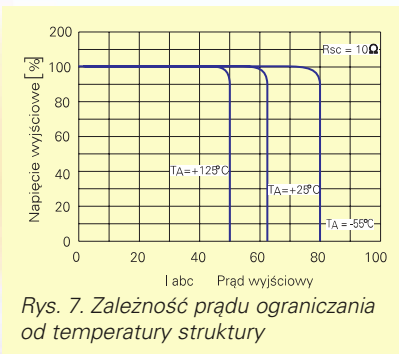
Wartość maksymalnego prądu, czyli prądu ograniczania wyraża się prostym wzorem:

$$I_{max} = \frac{U_{BE}}{R_{SC}}$$

Jak z tego widać, maksymalna wartość prądu jest wyznaczona przez rezystancję R_{SC} .

W praktyce prosty jest tylko wzór na papierze: wraz ze zmianami temperatury zmienia się wartość napięcia U_{BE} tranzystora (około $-2,2mV/^\circ C$), a tym samym znacznie zmienia się wartość maksymalnego prądu stabilizatora

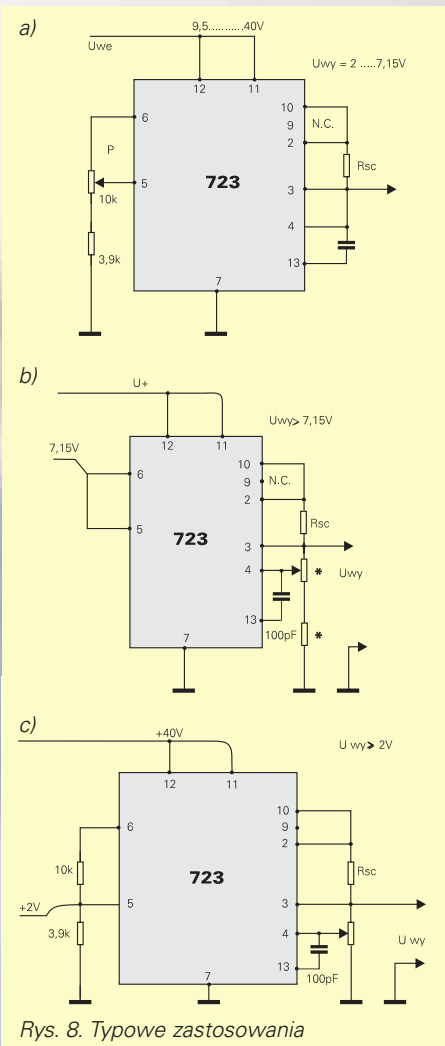
Rysunek 7 udowadnia, że są to zmiany znaczne. Podana na tym rysunku temperatura, to temperatura struktury, a nie temperatura otoczenia. Jak wspomniano wcześniej, już przy mocy strat układu scalonego rzędu 1W temperatura struktury z łatwością osiąga górną dopuszczalną granicę $+150^\circ C$. W tym miejscu wi-



Rys. 7. Zależność prądu ograniczania od temperatury struktury

dać, że prosty układ ograniczania prądu z tranzystorem jest skuteczny, ale nieprecyzyjny; widać też, że dla osiągnięcia możliwie stałych parametrów, struktura kostki powinna mieć w miarę stałą temperaturę.

W przypadku, gdy obwód ograniczenia prądu nie będzie stosowany, wyprowadzenia numer 2 i 3 należy po prostu pozostawić niepodłączone – nie przeszkodzi to w pracy pozostałych bloków.



Rys. 8. Typowe zastosowania

Typowe zastosowania

Dwa najprostsze typowe zastosowania kostki 723 w roli stabilizatora napięć większych i mniejszych niż 7,15V pokazano na rysunku 8a i 8b. Natomiast na rysunku 8c pokazano, jak wykonać stabilizator o napięciu wyjściowym regulowanym od 2V do 37V. Oczywiście, prąd maksymalny bez zewnętrznego tranzystora mocy jest niewielki – do każdego z pokazanych układów można dodać tranzystor w układzie z rysunku 4a albo 4b.

Kolejne rysunku przedstawiają różnorodne przykłady stabilizatorów.

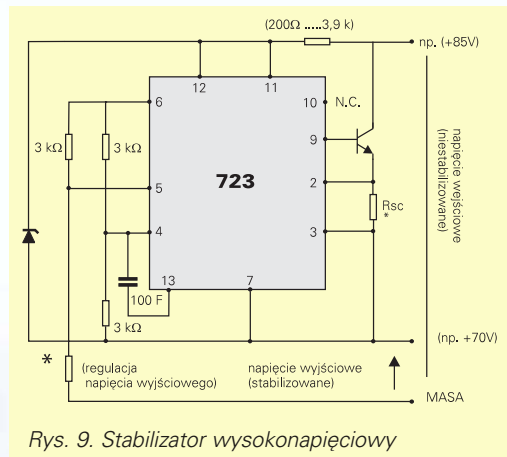
Układ z rysunku 9 może pracować przy napięciach wyższych niż dopuszczalne napięcie pracy stabilizatora (nawet do 250V). Jest to możliwe, ponieważ żaden z punktów kostki nie jest połączony z masą – taki układ nazywa się dlatego stabilizatorem pływającym. W katalogach można znaleźć podobny schemat do stabilizacji napięć ujemnych aż do -250V. Układ może stabilizować wysokie napięcia, niemniej jednak dopuszczalne napięcia samej kostki nie mogą być przekroczone – chodzi tu o spadek napięcia na stabilizatorze, który nie może być większy niż 40V.

Rysunek 10 pokazuje bardzo ciekawy układ stabilizatora napięć 2...7V z ograniczeniem prądowym typu foldback. Układ ten w normalnych warunkach pracy ma znaczną wydajność prądową I_{max}. Natomiast w przypadku zwarcia wyjścia do masy, płynący wtedy prąd jest znacznie mniejszy od prądu maksymalnego I_{max}. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu dodatkowych rezystorów w obwodzie ograniczenia prądowego z tranzystorem T_E. Warto dokładnie przeanalizować działanie takiego układu, bo może on się okazać pozytywny w praktyce. Na rysunku podano też wzory pozwalające obliczyć potrzebne wartości rezystorów.

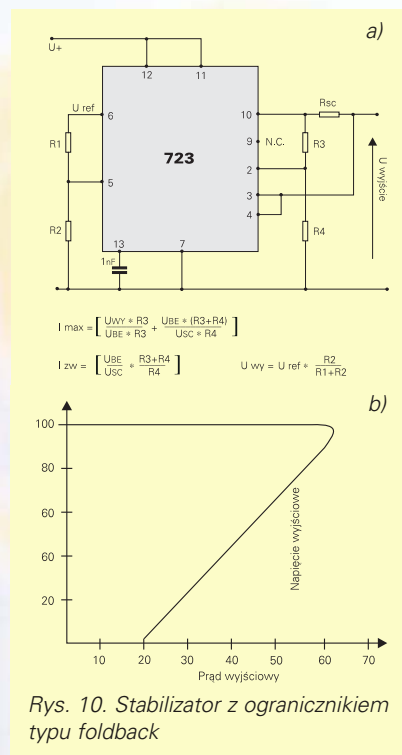
Kostkę 723 można też wykorzystywać w zasilaczach impulsowych – obecnie powszechnie stosowane są jednak inne rozwiązania zasilaczy impulsowych i sposoby podawane w starszych katalogach nie mają już praktycznego zastosowania.

Bliższa analiza podanych schematów na pewno pomoże wykorzystać kostkę 723 w jeszcze inny, oryginalny sposób.

Na zakończenie wypada przypomnieć z całą stanowczością, że w typowych współczesnych urządze-



Rys. 9. Stabilizator wysokonapięciowy



Rys. 10. Stabilizator z ogranicznikiem typu foldback

niach raczej nie stosuje się kostki 723, tylko znacznie nowsze, trzykońcówkowe stabilizatory (78XX, 70XX, LM317, LM337, itp.).

Jednak każdy szanujący się elektronik powinien znać kostkę 723 i potrafić ją wykorzystać, także w nietypowy sposób. Jest to tym bardziej na czasie, bo przecież na giełdach układ ten często można kupić po symbolicznej cenie kilkudziesięciu groszy.

(red)