

STABILIZATORY NAPIĘCIA STAŁEGO O DZIAŁANIU CIĄGŁYM

Cel ćwiczenia:

- doświadczalne sprawdzenie poprawności projektów parametrycznych stabilizatorów napięcia stałego,
- wyznaczenie parametrów statycznych i dynamicznych stabilizatorów o regulacji ciągłej o różnych rozwiązaniach układowych,
- badanie właściwości stabilizatora z układem scalonym $\mu A723$.

Opisy badanych układów

Dla utrzymania założonych parametrów użytkowych większość układów elektronicznych musi być zasilana napięciem stałym o ściśle określonej wartości. Wartość tego napięcia nie powinna zależeć od wahań napięcia pierwotnego źródła energii (sieci energetycznej, baterii lub akumulatora) i od wartości pobieranego prądu. Do zapewnienia wymaganej stałości napięcia służą układy elektroniczne nazywane stabilizatorami napięcia.

Ze względu na sposób regulacji napięcia wyjściowego stabilizatory dzielą się na stabilizatory o działaniu ciągłym i stabilizatory impulsowe. W grupie stabilizatorów o działaniu ciągłym można wyróżnić dwie podgrupy: stabilizatory parametryczne i stabilizatory kompensacyjne. Scalone kompensacyjne stabilizatory o działaniu ciągłym charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami stabilizacyjnymi oraz szybką reakcją na zmiany obciążenia. Nie wytwarzają własnych zakłóceń. Mają jednak małą sprawność energetyczną (zwykle do 60%) oraz wymagają, na ogół, zasilacza z transformatorem sieciowym, którego duża masa i duże wymiary nie pozwalają na miniaturyzację sprzętu zasilanego z takiego zasilacza.

Uzyskiwanie dużych sprawności energetycznych (do około 95%) przy małych wymiarach transformatora (lub bez transformatora) umożliwiają stabilizatory impulsowe. Odbywa się to jednak kosztem mniejszej stałości napięcia wyjściowego i wolniejszej reakcji na zmiany obciążenia. Stabilizatory impulsowe wytwarzają ponadto zakłócenia elektromagnetyczne, przedostające się do układów zasilanych i do źródła energii pierwotnej (np. sieci oświetleniowej).

Niniejsze ćwiczenie dotyczy tylko stabilizatorów napięcia stałego o działaniu ciągłym, przy czym w laboratorium będzie badany zarówno przedstawiciel rodziny stabilizatorów parametrycznych jak i przedstawiciel rodziny stabilizatorów kompensacyjnych.

Niezależnie od konstrukcji stabilizatory są charakteryzowane za pomocą dwóch podstawowych grup parametrów: parametrów granicznych (dopuszczalnych) oraz

parametrów eksploatacyjnych. Parametry dopuszczalne określają warunki, których pod groźbą uszkodzenia stabilizatora lub jego elementów nie należy przekraczać. W szczególności należy tutaj wymienić maksymalne napięcie (lub napięcia) wejściowe stabilizatora, maksymalny prąd wyjściowy (lub rodzaj zabezpieczenia przed zwarcieniem w obciążeniu), a także maksymalną moc strat. Dodatkowo należy dbać, aby w całym zakresie pracy nie została przekroczona maksymalna temperatura pracy dla żadnego z elementów stabilizatora. Przy podwyższonej temperaturze otoczenia ostatnie wymaganie jest równoważne ograniczeniu maksymalnej mocy strat układu. Zależność maksymalnej mocy strat od temperatury otoczenia jest najczęściej podawana w formie wykresu. Można ją również wyznaczyć z wartości rezystancji termicznej między strukturą układu scalonego (lub złączem diody stabilizacyjnej) a otoczeniem (oznaczanej jako $R_{th,j-a}$ lub θ_{J-A}) i definiowanej następująco:

$$R_{th,j-a} = \frac{T_J - T_A}{P_D}$$

gdzie T_J i T_A oznaczają odpowiednio temperaturę struktury oraz otoczenia, a P_D jest mocą wydzielaną w strukturze.

Druga z wymienionych grup parametrów obejmuje informacje dotyczące stałości napięcia wyjściowego stabilizatora i warunków koniecznych do jej utrzymania. Obok tolerancji napięcia stabilizowanego szczególnie istotne są parametry określające wrażliwość jego wartości na warunki pracy stabilizatora, przede wszystkim na zmiany wartości napięcia zasilającego i prądu obciążenia. W literaturze i kartach katalogowych spotyka się różne nazwy i sposoby określania tych współczynników. Jednym z podstawowych parametrów jest **współczynnik stabilizacji od zmian napięcia wejściowego** S_U określający przyrost napięcia wyjściowego spowodowany zmianą napięcia wejściowego i zdefiniowany jako:

$$S_U = \frac{\Delta U_{WY}}{\Delta U_{WE}}$$

Często bywa też używana odwrotność tego współczynnika, która jest tak samo oznaczana i tak samo nazywana. Rodzaj definicji można rozpoznać po wartości współczynnika. Jeśli $S_U \ll 1$, stosowana jest podana powyżej definicja. Jeśli zaś $S_U \gg 1$, to stosowana jest odwrotność zdefiniowanego współczynnika. Parametrem pełniącym podobną rolę jest **znormalizowany współczynnik stabilizacji** zdefiniowany jako:

$$S_{UN} = \left(\frac{\Delta U_{WY} / U_{WY}}{\Delta U_{WE} / U_{WE}} \right) \cdot 100\% = S_U \cdot \frac{U_{WE}}{U_{WY}} \cdot 100\%$$

określający względną wrażliwość na zmiany napięcia wejściowego. Należy zwrócić uwagę, że firmy produkujące układy scalone często podają współczynniki stabilizacji według własnych definicji. Należy wtedy sprawdzić sposób definiowania parametrów w katalogu. Na przykład, podany w katalogu firmy Motorola (patrz dodatek B)

parametr Reg_{line} należy rozumieć jako względną (wyrażoną w %) zmianę napięcia wyjściowego V_O przy zmianach napięcia wejściowego V_{in} w zakresie od 12V do 15V lub w zakresie od 12V do 40V.

Drugim bardzo ważnym parametrem stabilizatora jest **dynamiczna rezystancja wyjściowa**, opisująca zmiany napięcia wyjściowego pod wpływem zmian prądu obciążenia. Jest ona definiowana zależnością:

$$r_{WY} = \frac{\Delta U_{WY}}{\Delta I_{OBC}}$$

Może się również spotkać ze **współczynnikiem stabilizacji od zmian obciążenia**:

$$LR = \frac{\Delta U_{WY}}{U_{WY}} \cdot 100\% \text{ dla } \Delta I_{OBC} \quad \text{lub} \quad LR = \frac{\Delta U_{WY} / U_{WY}}{\Delta I_{OBC} / I_{OBC}} \cdot 100\%$$

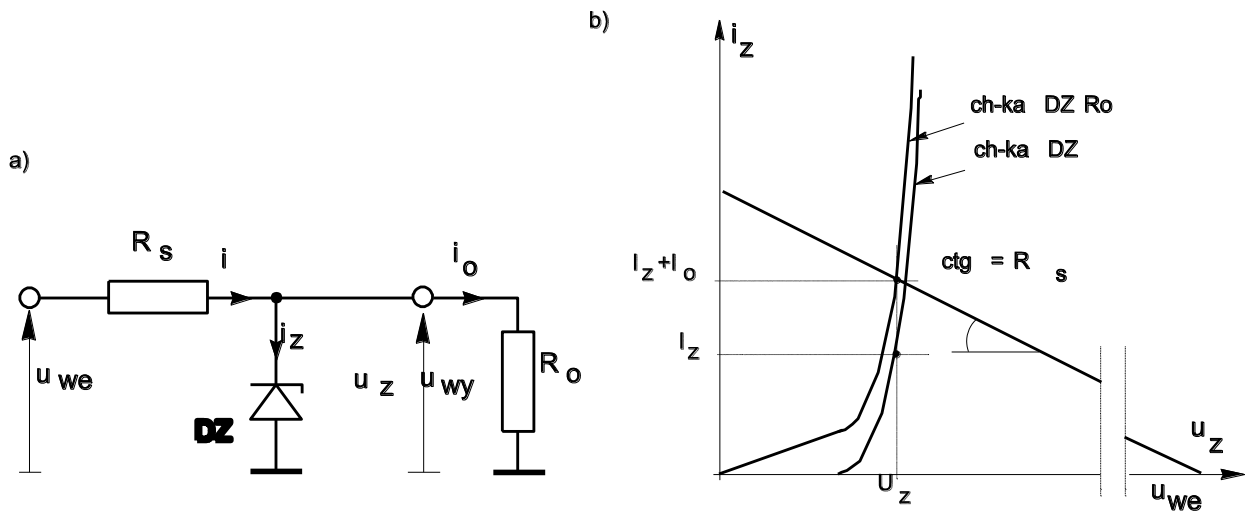
Należy podkreślić, że współczynniki te dotyczą tylko samego stabilizatora, bez uwzględniania sposobu jego zasilania. Na przykład, wypadkowa wartość rezystancji wyjściowej całego zasilacza (transformator, prostownik, stabilizator) jest równa $r_{WY \text{ wyp.}} = r_{WY \text{ stabilizatora}} + S_U \times r_{WY \text{ prostownika}}$. Podobnie zmieniają się współczynniki stabilizacji od zmian obciążenia LR .

Wartości wymienionych parametrów zależą od wielu czynników, toteż w katalogach są zwykle podawane ich wartości maksymalne w określonych zakresach zmian warunków pracy oraz, najczęściej w postaci wykresów, ich zależność od prądu obciążenia, napięć zasilających, temperatury, itp.. Napięcie wejściowe, podobnie jak i obciążenie stabilizatorów napięcia stałego, jest najczęściej zmienne w czasie. Dlatego też w uzupełnieniu do wymienionych wcześniej parametrów statycznych katalogi podają informacje dotyczące dynamicznych właściwości stabilizatorów. Najczęściej spotyka się zależności współczynnika LR lub przyrostowej impedancji wyjściowej od częstotliwości, a także oscylogramy napięciowej odpowiedzi stabilizatora na skokowe zmiany napięcia zasilania lub prądu obciążenia. Podawany jest także współczynnik tłumienia tętnień RR (ripple rejection) definiowany jako stosunek wartości międzyszczytowych napięć tętnień na wyjściu i wejściu stabilizatora:

$$RR[\%] = \frac{U_{WY,pp}}{U_{WE,pp}} \cdot 100\% \quad \text{lub} \quad RR[dB] = 20 \lg \frac{U_{WY,pp}}{U_{WE,pp}}$$

Stabilizator parametryczny

Najprostszy i najczęściej stosowany układ stabilizatora parametrycznego przedstawiono na rys.1.



Rys. **Błąd! Nieznany argument przełącznika..** Stabilizator parametryczny ze stabilistorem (a) oraz sposób wyznaczania punktu pracy układu (b).

Użyto w nim elementu nieliniowego nazywanego stabilistorem (diodą Zenera), charakteryzującego się prawie pionowym przebiegiem charakterystyki statycznej $i_z=f(u_z)$ w zakresie średnich wartości prądów (patrz rys.1b oraz ch-ki statyczne stabilizatora w dodatku A).

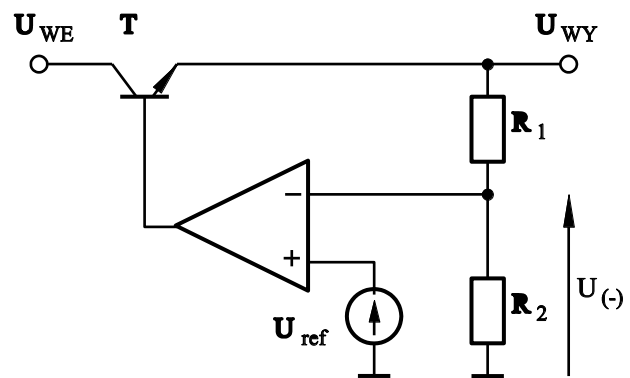
Przy projektowaniu stabilizatora parametrycznego należy wziąć pod uwagę następujące fakty:

- punkt pracy stabilizatora nie powinien wchodzić w obszar kolana charakterystyki statycznej ani przy przewidywanych zmianach wartości napięcia wejściowego ani przy zmianach wartości prądu obciążenia,
- w żadnym przypadku nie należy przekraczać dopuszczalnej temperatury złącza, gdyż grozi to jego termicznym zniszczeniem,
- stabilizator danego typu ma dość duży rozrzut wartości napięcia stabilizacji U_z (określanego dla ustalonej wartości prądu I_z) i charakteryzuje się dość dużą zmiennością rezystancji dynamicznej $r_z=du_z/di_z$ w funkcji prądu płynącego przez stabilizator (stanowiącego jego punkt pracy),
- dla ustalonej wartości prądu I_z płynącego przez stabilizator wartość napięcia U_z na tym elemencie jest zależna od temperatury złącza; znak i wartość współczynnika temperaturowego napięcia U_z zależy od wartości tego napięcia.

Wybór danych technicznych stabilizatora typu BZP683-Cxxx, użytego we wkładce DSN1, przedstawiono w dodatku A.

Stabilizator kompensacyjny

Schemat typowego stabilizatora kompensacyjnego przedstawiono na rys.2. Napięcie wyjściowe układu jest stabilizowane dzięki włączeniu między źródło napięcia pierwotnego a obciążenie tranzystora T, spełniającego rolę szeregowego elementu regulacyjnego. Sygnał sterujący tranzystorem powstaje przez porównanie napięcia odniesienia U_{ref} z napięciem proporcjonalnym do napięcia wyjściowego i wzmocnienie różnicy napięć we wzmacniaczu operacyjnym. Ze względu na duże wzmocnienie WO układ dąży do stanu, w którym różnica napięć na wejściach wzmacniacza jest bliska zero. Można zatem napisać, że w stanie ustalonym spełniony jest warunek $U_{ref} = U_{(-)}$. Korzystając z tego warunku można wyznaczyć wartość napięcia wyjściowego stabilizatora.

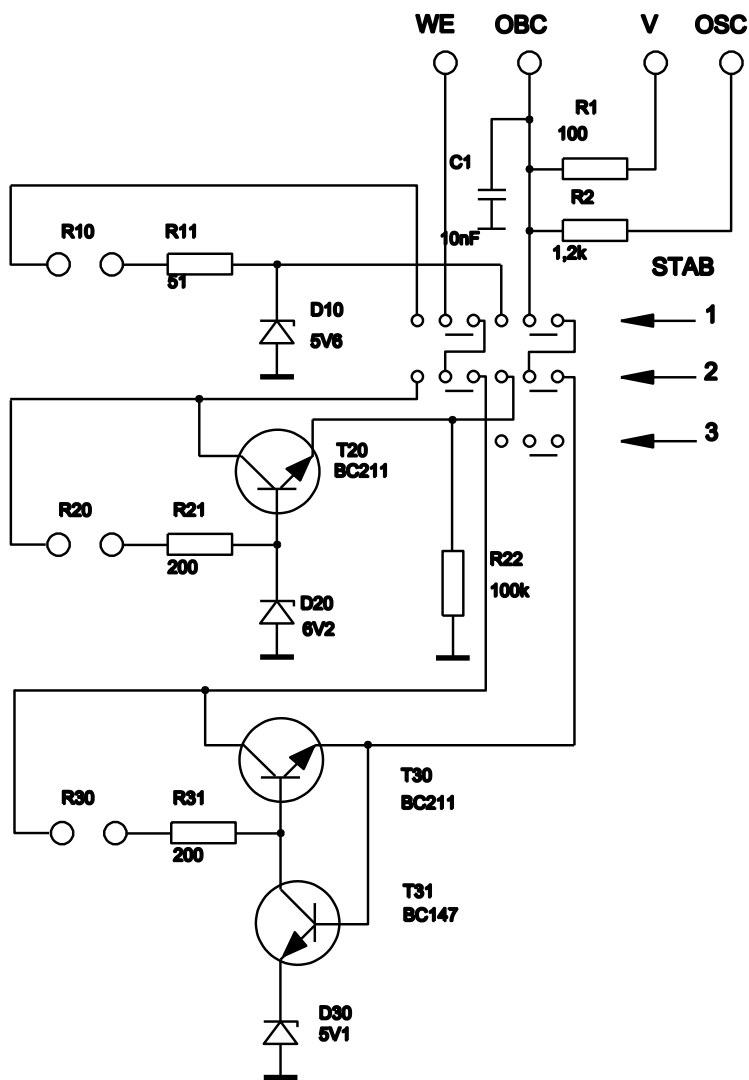


Rys. Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Schemat stabilizatora ze sprzężeniem zwrotnym.

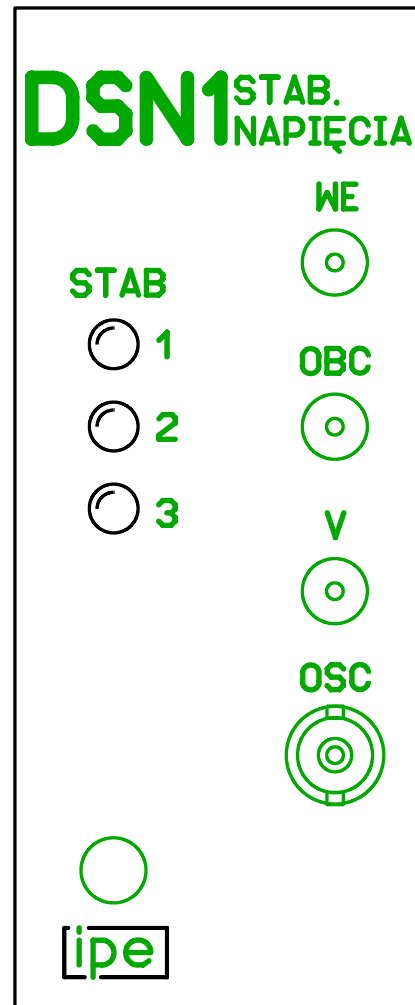
$$U_{ref} = U_{WY} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad - \quad U_{WY} = U_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

Opis wkładki DSN1

We wkładce DSN1 znajdują się trzy niezależne stabilizatory napięcia: stabilizator z diodą Zenera, stabilizator z wtórnikiem emiterowym oraz stabilizator z pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego (z jedno tranzystorowym wzmacniaczem błędów). Schemat ideowy wkładki jest pokazany na rys.3, wygląd płyty czołowej - na rys.4, natomiast wygląd płytki drukowanej, czyli schemat montażowy - na rys.5. Pary zacisków, oznaczone jako R10, R20 i R30, służą do montowania rezystorów wyznaczonych zgodnie z indywidualnymi założeniami projektowymi. Napięcia wyjściowe badanych stabilizatorów są zbliżone. Układy różnią się natomiast pozostałymi parametrami użytkowymi. Rezystory R11, R21 i R31 zabezpieczają układy badane przed skutkami włączenia niewłaściwie dobranych rezystorów R10, R20 lub R30.



Rys. Błąd! Nieznany argument przełącznika..
Schemat ideowy wkładki DSN1.

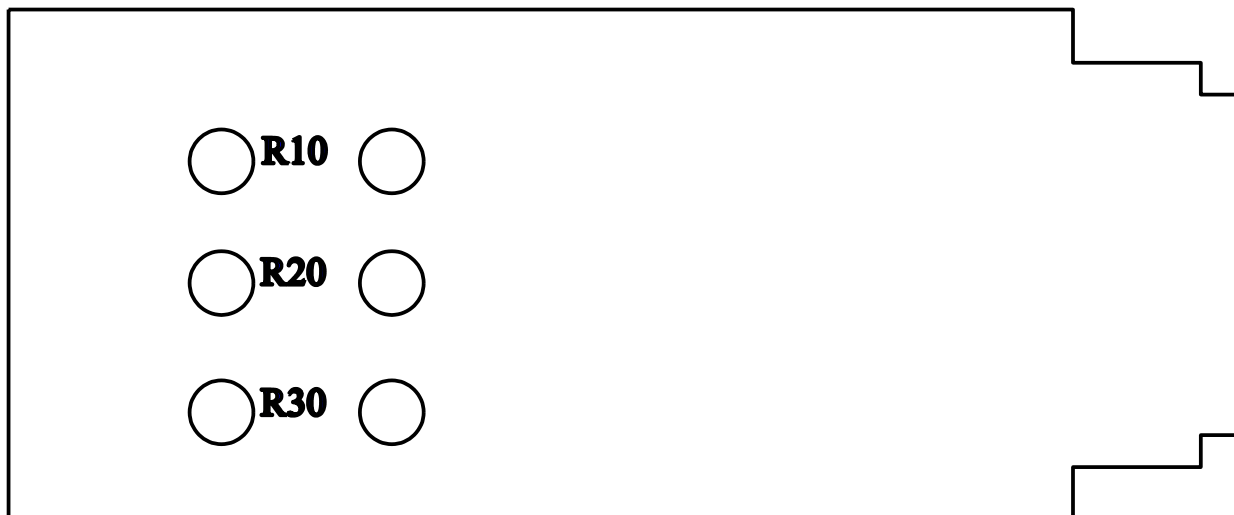


Rys. Błąd! Nieznany argument przełącznika..
Płyta czołowa wkładki DSN1.

Na płycie czołowej wkładki (rys.4) znajdują się cztery gniazda umożliwiające dołączenie odpowiednio:

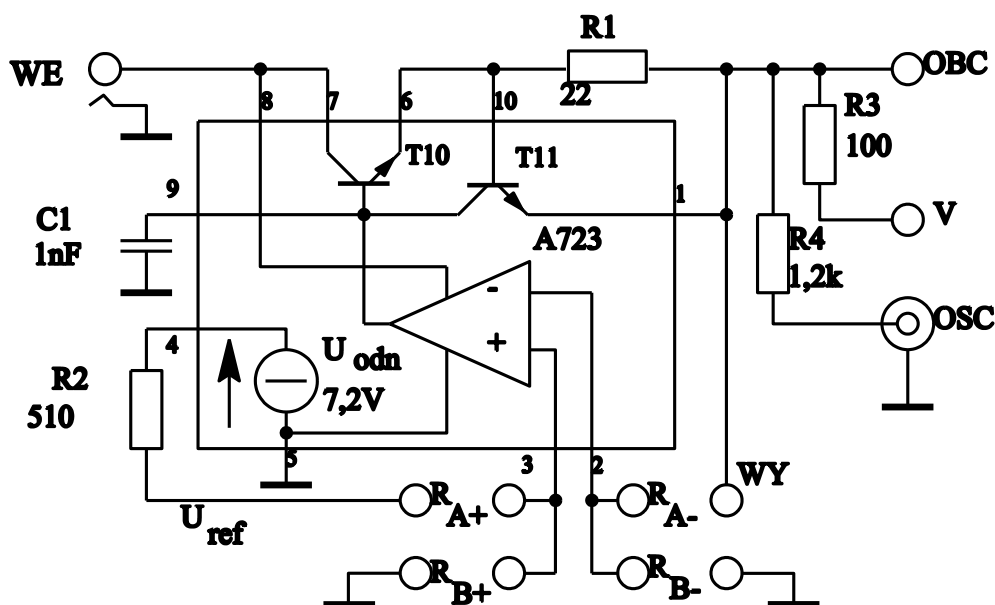
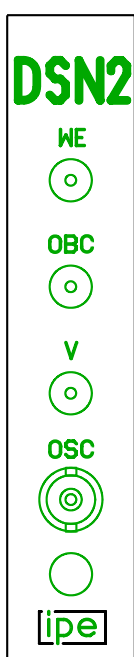
- „WE” - napięcia wejściowego zasilającego stabilizator,
- „OBC” - obciążenia stabilizatora,
- „V” - woltomierza, w celu pomiaru napięcia wyjściowego,
- „OSC” - oscyloskopu, w celu obserwacji zmian napięcia wyjściowego.

Gniazda te są łączone z odpowiednim układem stabilizatora przez wciśnięcie jednego z przycisków przełącznika klawiszowego "STAB 1-2-3".



Rys. Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Rozmieszczenie zacisków na płytce drukowanej wkładki DSN1.

Opis wkładki DSN2



Rys. Błąd!
Nieznany argument przełącznika..
Płyta czołowa wkładki DSN2.

Rys. Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Schemat ideowy wkładki DSN2.

Wkładka DSN2 umożliwia realizację stabilizatorów o działaniu ciągłym z układem scalonym typu $\mu A 723$. We wkładce można zmontować i uruchomić stabilizator kompensacyjny o dowolnej wartości nominalnej napięcia wyjściowego z zakresu od 2 V do 12 V, przy ustalonej, za pomocą rezystora R_1 , maksymalnej wartości prądu wyjściowego.

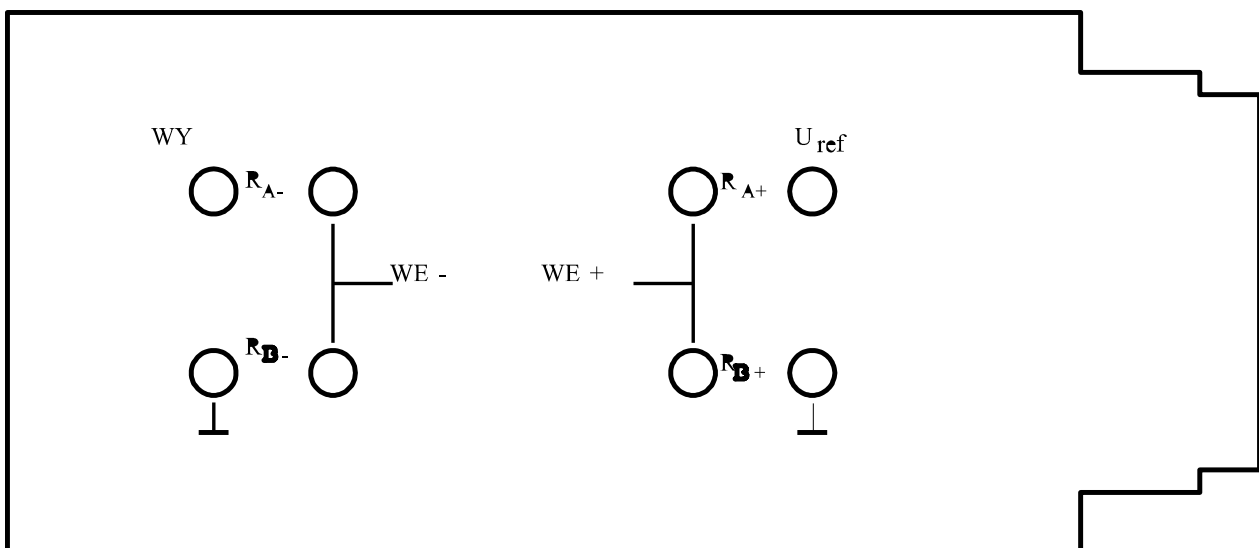
Schemat ideowy układu umieszczonego na płycie drukowanej wkładki wraz z uproszczonym schematem blokowym układu scalonego typu $\mu A 723$ jest pokazany na rys.7, natomiast informacje katalogowe dotyczące układu $\mu A 723$ są zebrane w dodatku B. Układ ten jest zbiorem podzespołów, które po właściwym połączeniu tworzą typowy stabilizator ze sprzężeniem zwrotnym.

Wzmacniacz błędu porównuje napięcie odniesienia (wejście „+”) z napięciem będącym częścią napięcia wyjściowego (wejście „-”) i tak steruje tranzystorem regulacyjnym T_{10} , aby napięcia te były sobie równe. Stabilizator jest wyposażony w ogranicznik prądowy, zbudowany z użyciem tranzystora T_{11} i rezystora R_1 . Gdy spadek napięcia na R_1 osiągnie wartość napięcia przewodzenia tranzystora T_{11} (patrz dane katalogowe), wtedy tranzystor ten odbiera prąd sterujący tranzystorem regulacyjnym i zmniejsza wartość napięcia wyjściowego. Kondensator C_1 kompensuje charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza błędu, zapewniając stabilność układu. Niedokładność ustalenia napięcia wyjściowego jest zależna od rozrzutu produkcyjnego wartości napięcia wzorcowego oraz od tolerancji rezystorów zastosowanych w dzielnikach napięcia.

Gniazda znajdujące się na płycie czołowej wkładki (patrz rys.6) służą do:

- „WE” - dołączenia napięcia wejściowego (zasilającego) stabilizatora,
- „OBC” - dołączenia obciążenia stabilizatora,
- „V” - dołączenia woltomierza, w celu pomiaru napięcia wyjściowego,
- „OSC” - dołączenia oscyloskopu.

Uproszczony schemat montażowy płytki drukowanej pokazano na rys.8.



Rys. **Błąd! Nieznany argument przełącznika.** Uproszczony schemat montażowy płytki drukowanej wkładki DSN2.

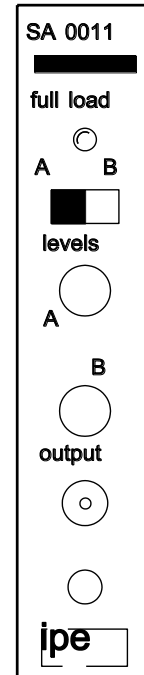
Opis wkładki SA0011

Wkładka SA0011 jest regulowanym źródłem napięcia stałego. Służy ona do zasilania układów badanych wymagających regulacji napięcia zasilającego. Wartość napięcia wyjściowego źródła SA0011 można regulować każdym z dwóch pokręteł potencjometrów umieszczonych na płycie czołowej i oznaczonych jako „A” oraz „B”. Wyboru potencjometru, którym regulowane jest napięcie wyjściowe, dokonuje się przełącznikiem suwakowym oznaczonym „A B”, umieszczonym nad potencjometrami. W lewych skrajnych położeniach gałek nastawia się minimalną, a w prawych maksymalną wartość napięcia wyjściowego. Po nastawieniu potencjometrami „A” i „B” dwóch różnych wartości napięcia wyjściowego otrzymuje się, za pomocą przełącznika „A B”, możliwość szybkiego przełączania napięcia wyjściowego pomiędzy dwoma ustawionymi wartościami.

Przeciążenie prądowe źródła SA0011 jest sygnalizowane świeceniem diody umieszczonej w górnej części płyty czołowej. Dioda świeci, gdy wartość prądu pobieranego ze źródła przekracza 55 mA. Źródło jest odporne na dowolnie długo trwające przeciążenie.

Dane techniczne wkładki SA0011:

Zakres regulacji napięcia wyjściowego	0÷12 V
Rezystancja wyjściowa	≤ 150 mΩ
Maksymalny prąd wyjściowy	60 mA



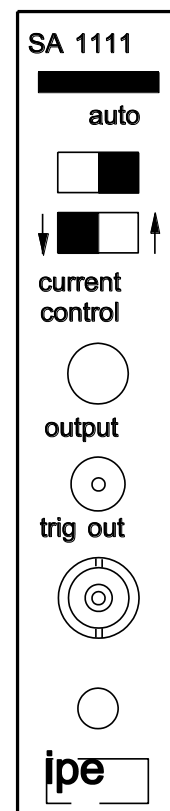
Rys. Błąd!
Nieznany argument przełącznika..
Płyta czołowa wkładki SA0011

Opis wkładki SA1111

Wkładka SA1111 jest regulowanym źródłem prądowym. Umożliwia ona sterowanie układów badanych stałym prądem wpływającym bądź wypływającym z jego wyjścia. Wartość prądu wyjściowego źródła SA1111 jest regulowana pokrętkiem potencjometru oznaczonym „current control”. W lewym skrajnym położeniu pokrętki wartość prądu wyjściowego wynosi 0 mA, a w prawym 40 mA. Regulowane źródło prądu stałego SA1111 może pracować w sposób statyczny, tzn. że prąd wyjściowy źródła może mieć wartość stałą przez dowolnie długi okres czasu; oraz w sposób kluczowany, tzn. że prąd wyjściowy może płynąć impulsowo. Wybór rodzaju pracy dokonywany jest przełącznikiem suwakowym, umieszczonym w górnej części płyty czołowej. W lewym położeniu przełącznika układ pracuje statycznie, a w prawym (oznaczonym jako „auto”) - w sposób kluczowany. Okres kluczowania wynosi około 7,5 ms. Przez pół okresu prąd wyjściowy ma wartość równą nastawionej, a przez następne pół okresu jest równy zero. Drugi przełącznik suwakowy umieszczony na płycie czołowej i oznaczony „↓↑” służy do wybierania kierunku przepływu prądu wyjściowego źródła SA1111. W lewym położeniu przełącznika prąd wpływa do źródła, w prawym - wypływa. Wyjście oznaczone „trig out” służy do wyzwalania podstawy czasu oscyloskopu przebiegiem klucującym źródło prądowe.

Dane techniczne wkładki SA1111:

Zakres zmian prądu wyjściowego	0÷40 mA
Dopuszczalny zakres napięcia wyjściowego	-10 V ÷ +10V
Rezystancja wyjściowa	≥500 kΩ
Okres kluczowania	ok. 7,5 ms



Rys. Błąd!
Nieznany argument przełącznika..
Płyta czołowa wkładki SA1111.

Opis wkładki charakterograficznej SCH 2

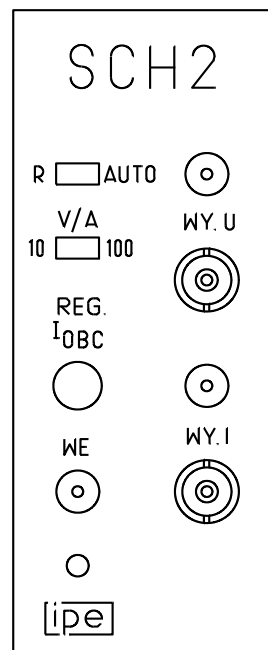
Wkładka charakterograficzna SCH 2 jest przyrządem umożliwiającym obserwację i pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych układów emitujących prąd (źródła napięciowe, zasilacze, stabilizatory napięcia) o dodatniej wartości napięcia wyjściowego. Stanowi ona w istocie ręcznie lub automatycznie regulowaną rezystancję, którą obciąża się wyjście badanego układu.

Płytę czołową wkładki przedstawiono na rys.11. W celu otrzymania na ekranie oscyloskopu wykresu pożądanej charakterystyki należy wyjście badanego układu połączyć z wejściem "WE" wkładki, natomiast wyjścia "WY.U" i "WY.I" wkładki należy połączyć z wejściami wzmacniaczy X i Y oscyloskopu. Dodatkowe wyjścia "WY.U" i "WY.I" mogą służyć do dołączenia woltomierza cyfrowego wykorzystywanego przy pomiarach charakterystyki wyjściowej metodą punkt po punkcie, bez konieczności odłączania oscyloskopu.

Wartość rezystancji obciążającej badany układ można zmieniać ręcznie lub automatycznie, w zależności od pozycji przełącznika "R/AUTO". Gdy przełącznik znajduje się w pozycji "R", rezystancję obciążenia można zmieniać przez pokręcanie gałką "REG.I_{OBC}". Jeśli przełącznik jest w pozycji "AUTO", następuje samoczynna, okresowa zmiana wartości rezystancji obciążenia od nieskończoności (w rzeczywistości jest to 50-100 kΩ) do wartości minimalnej określonej przez pozycję gałki "REG.I_{OBC}".

Dane techniczne wkładki SCH 2:

Zakres napięć wejściowych	0 - 12 V
Zakres prądów wejściowych	0 - 200 mA
Współczynnik przetwarzania napięcia na prąd	10 V/A lub 100 V/A



Rys. Błąd!

Nieznany argument przełącznika..

Płyta czołowa wkładki SCH 2.

Zestawy parametrów dla części doświadczalnej ćwiczenia

Stabilizatory podstawowe:

Błąd! Nie zdefiniowano zakładki. Zespół	1	2	3	4	5	6	7	8
U_{WEmin} [V]	8,0	10,0	8,5	10,5	9,0	11,0	9,5	10,0
U_{WEmax} [V]	9,0	11,0	9,5	12,0	10,5	12,0	11,0	11,5
Zespół	9	10	11	12	13	14	15	16
U_{WEmin} [V]	9,0	8,0	9,5	9,0	8,5	10,5	8,5	8,0
U_{WEmax} [V]	10,0	9,5	10,5	11,0	9,0	11,5	10,0	8,5

Stabilizator kompensacyjny z układem μA 723:

Błąd! Nie zdefiniowano zakładki. Zespół	1	2	3	4	5	6	7	8
U_{WY} [V]	3,0	7,5	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	6,7
Zespół	9	10	11	12	13	14	15	16
U_{WY} [V]	3,3	7,7	3,7	4,2	4,7	5,2	6,5	5,7

Sprzęt niezbędny do wykonania ćwiczenia

- DSN1 - wkładka dydaktyczna z parametrycznym i wtórnikowym stabilizatorem napięcia,
- DSN2 - wkładka dydaktyczna stabilizatora o działaniu ciągłym z układem scalonym μA 723,
- SA0011 - regulowane źródło napięcia stałego,
- SA1111 - regulowane źródło prądowe,
- SCH2 - przystawka charakterograficzna,
- SA4011 - przełącznik dwukanałowy DC,
- woltomierz cyfrowy,

oscilloskop dwukanałowy,
podwójna rama z zasilaczami,
kabel do pomiaru prądu stałego (biały),
zwory i rezystory wymienne.

Dodatek A

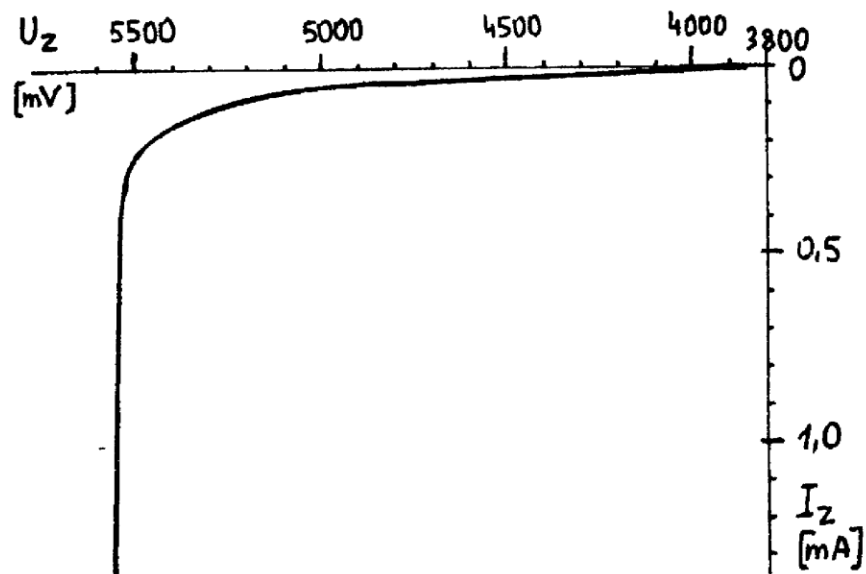
Wyciąg z danych technicznych stabilistorów BZP683-C

Parametry graniczne ($t_{amb}=25^{\circ}\text{C}$):

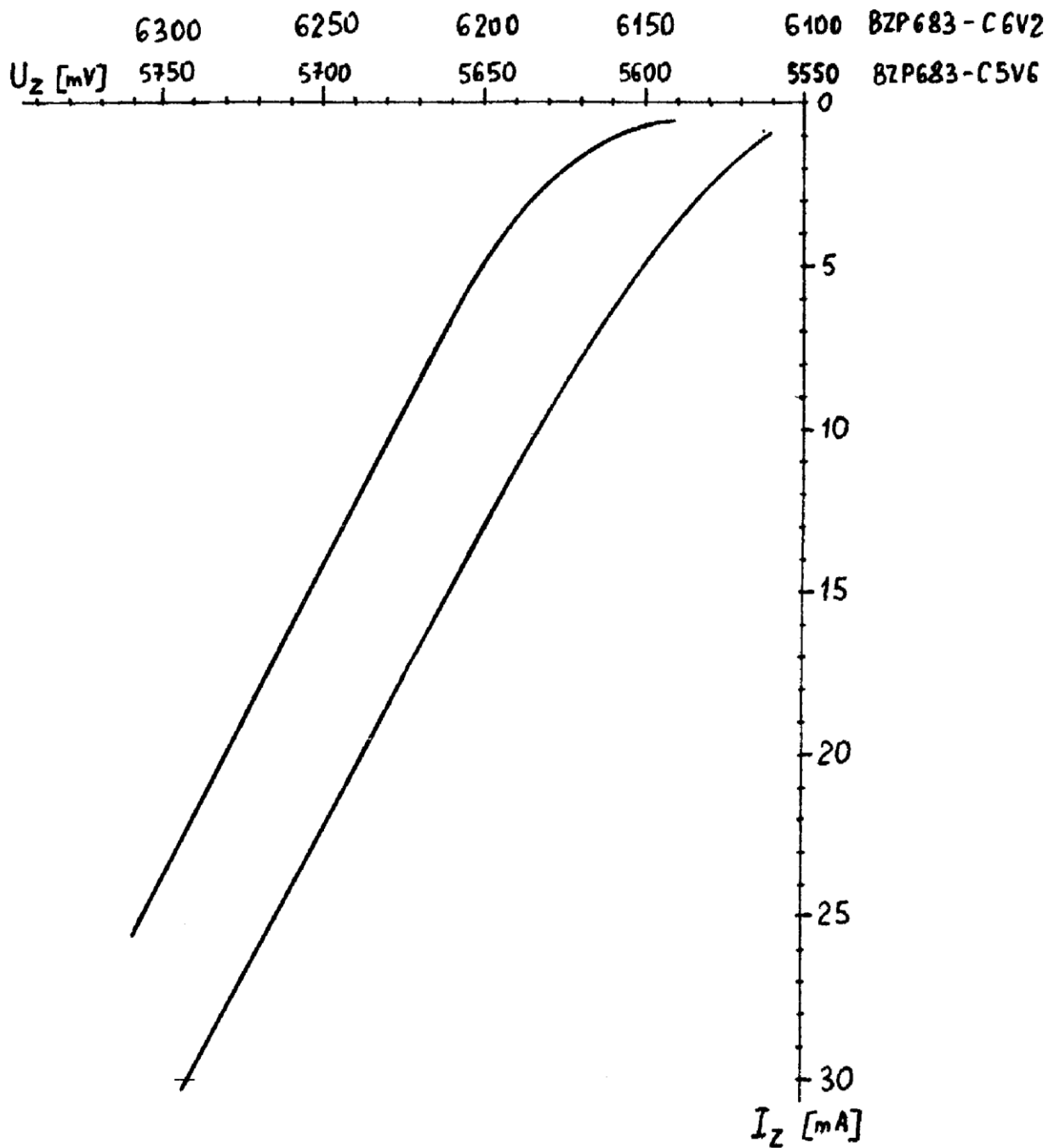
Prąd przewodzenia	$I_{F,max}$	0,2 A
Moc całkowita	$P_{tot,max}$	0,4 W
Temperatura złącza	$t_{j,max}$	150°C
Temperatura otoczenia	t_{amb}	-40...+125°C

Parametry charakterystyczne ($t_{amb}=25^{\circ}\text{C}$):

Prąd wsteczny dla $U_R = 1\text{ V}$	$I_{R,max}$	1 μA	
Napięcie przewodzenia dla $I_F = 0,1\text{ A}$	$U_{F,max}$	1,1 V	
Napięcie stabilizacji dla $I_Z = 5\text{ mA}$	$U_{Z,min}$	$U_{Z,nom}$	$U_{Z,max}$
-C5V6	5,2 V	5,6 V	6,0 V
-C6V2	5,8 V	6,2 V	6,6 V
Rezystancja dynamiczna dla $I_Z = 5\text{ mA}$	$r_{Z,max}$		
-C5V6	60 Ω		
-C6V2	40 Ω		
Współczynnik temperaturowy napięcia stabilizacji dla $I_Z = 5\text{ mA}$	$\alpha_{UZ,typ}$		
-C5V6	$+3,0 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$		
-C6V2	$+4,0 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$		



Rys. Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Charakterystyka statyczna stabilistora BZP683-C5V6 w zakresie prądów o małych wartościach.



Rys. **Błąd! Nieznany argument przełącznika..** Charakterystyki statyczne stabilizatorów BZP683-C5V6 i -C6V2 w zakresie wartości prądów od 1 mA do 25 mA.

Dodatek B

Wyciąg z danych technicznych stabilizatora MC1723

MAXIMUM RATINGS ($T_A=+25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.	Rating	Symbol	Value	Unit
Continuous voltage from V_{CC} to V_{EE}		V_{in}	40	V
Input-Output Voltage Differential		$V_{in}-V_O$	40	V
Maximum Output Current		I_L	150	mA
Current from V_{ref}		I_{ref}	15	mA
Voltage Between Non-Inverting Input and V_{EE}		V_{ie}	8,0	V
Differential Input Voltage		V_{id}	$\pm 5,0$	V
Power Dissipation and Thermal Characteristics: Metal Package $T_A=25^\circ\text{C}$ Derate above $T_A=25^\circ\text{C}$ Thermal Resistance, Junction to Air $T_C=25^\circ\text{C}$ Derate above $T_A=25^\circ\text{C}$ Thermal Resistance, Junction to Air		P_D $1/\theta_{JA}$ θ_{JA} P_D $1/\theta_{JA}$ θ_{JA}	1,0 6,6 150 2,1 14 35	W mW/ $^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}/\text{W}$ W mW/ $^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}/\text{W}$
Operating and Storage Junction Temperature Range: Metal Package		T_J, T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range		T_A	-55 to +125	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Unless otherwise noted: $T_A=25^\circ\text{C}$, $V_{in}=12\text{ V}$, $V_O=5,0\text{ V}$, $I_L=1,0\text{ mA}$, $R_{SC}=0$, $C_1=100\text{ pF}$, $C_{ref}=0$ and divider impedance as seen by the error amplifier $\leq 10\text{ k}\Omega$)

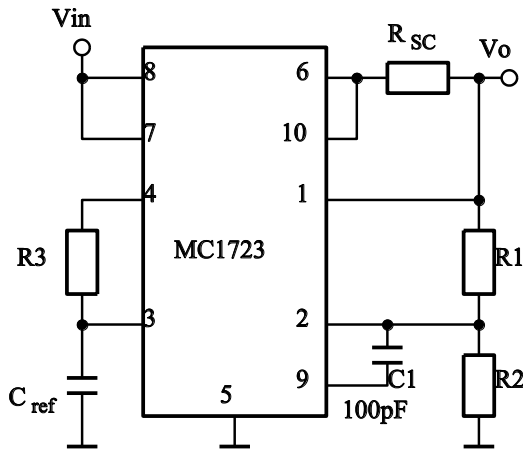
Błąd! Nie zdefiniowano zakładki. Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input Voltage Range	V_I	9,5		40	V
Output Voltage Range	V_O	2,0		37	V
Input-Output Voltage Differential	V_I-V_O	3,0		38	V
Reference Voltage	V_{ref}	6,95	7,15	7,35	V
Standby Current Drain ($I_L=0$, $V_{in}=30\text{V}$)	I_{IB}		2,3	3,5	mA
Output Noise Voltage ($f=100\text{Hz}$ to 10kHz): $C_{ref}=0$ $C_{ref}=5\mu\text{F}$	V_N	- -	20 2,5	- -	μV_{RMS}
Average Temperature Coefficient of Output	TCV_O	-	0,002	0,015	$\%/^\circ\text{C}$

Błąd! Nie zdefiniowano zakłádki.Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Voltage (-55°C<T _A <+125°C)					
Line Regulation 12 V < V _{in} < 15V 12 V < V _{in} < 40V	Reg _{line}		0,01 0,02	0,1 0,2	% V _O
Load Regulation (1.0 mA < I _L < 50 mA)	Reg _{load}		0,03	0,15	% V _O
Ripple Rejection (f=50Hz to 10kHz) C _{ref} =0 C _{ref} =5,0μF	Rej _R	- -	74 86	- -	dB
Short Circuit Current Limit (R _{SC} =10Ω, V _O =0)	I _{SC}	-	65	-	mA
Long Term Stability	DV _O /Dt	-	0,1	-	%/1000h

Current Limiting Characteristics:

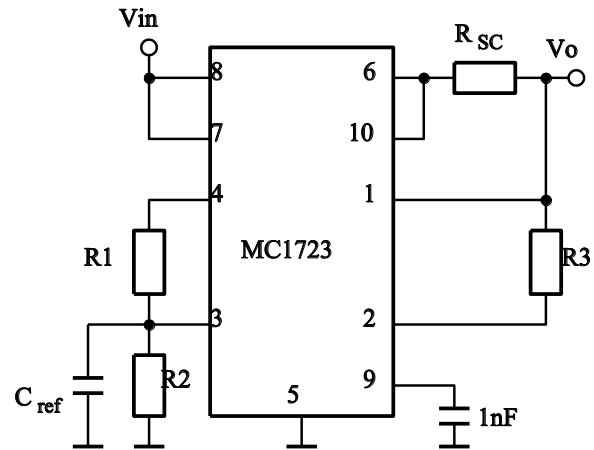
$$I_{SC} = \frac{V_{sense}}{R_{SC}} \quad V_{sense} = \begin{cases} 0,80V & T_J = -55^\circ C \\ 0,66V & T_J = +25^\circ C \\ 0,50V & T_J = +125^\circ C \end{cases}$$

Typical connection for 7<V_O<37

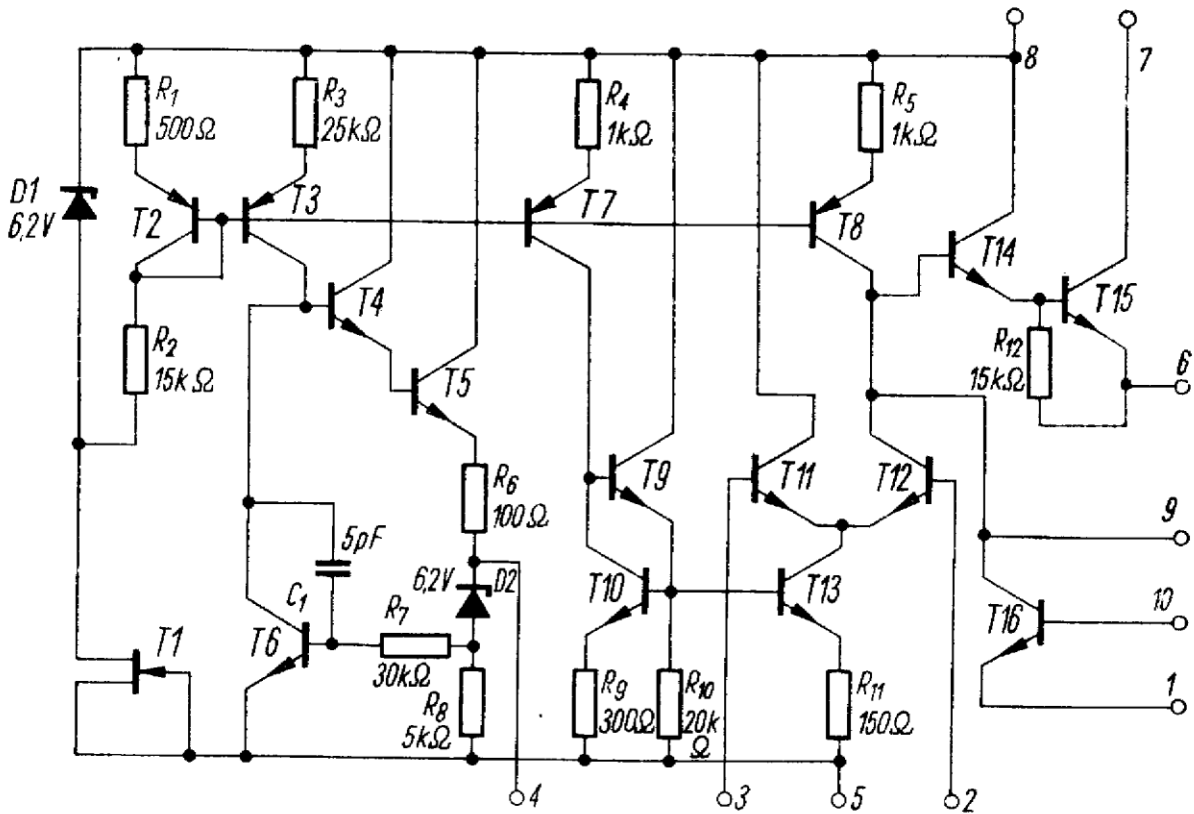


For best results 10k < R2 < 100k
For minimum drift R3 = R1 || R2

Typical connection for 2<V_O<7



For best results 10k < R1+R2 < 100k
For minimum drift R3 = R1 || R2

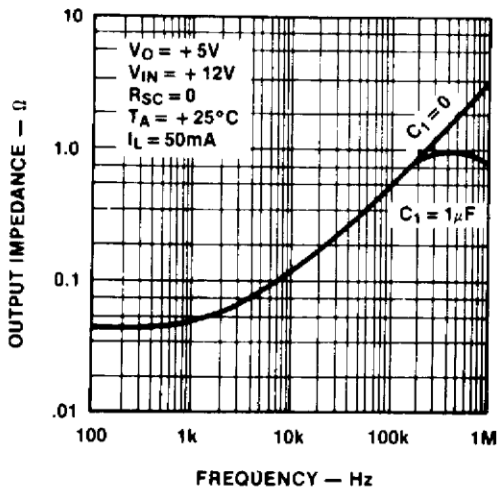


Oznaczenia wyprowadzeń;

- 1 — czujnik prądowy,
- 2 — odwracające wejście sterujące,
- 3 — nieodwracające wejście sterujące,
- 4 — napięcie odniesienia,
- 5 — ujemne napięcie niestabilizowane ($-U_1$),
- 6 — napięcie stabilizowane (dodatnie lub ujemne),

- 7 — napięcie kolektora (tranzystora T_{15}),
- 8 — dodatnie napięcie niestabilizowane ($+U_1$),
- 9 — kompensacja częstotliwościowa,
- 10 — ograniczanie prądu obciążenia

OUTPUT IMPEDANCE AS A FUNCTION OF FREQUENCY



LINE TRANSIENT RESPONSE

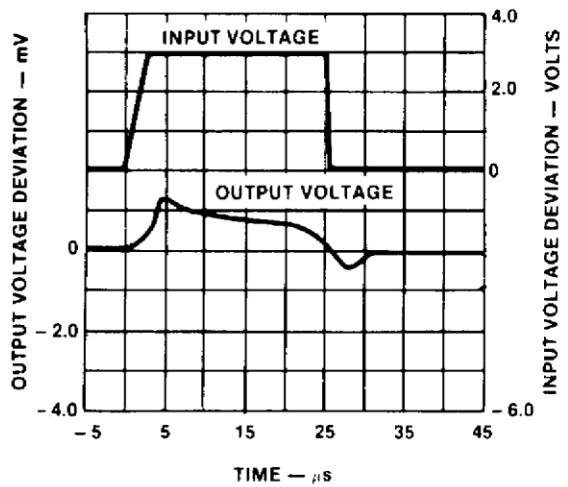


FIGURE 6 -- LOAD REGULATION CHARACTERISTICS WITH CURRENT LIMITING

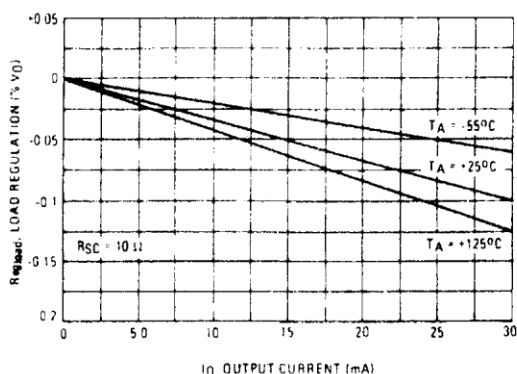
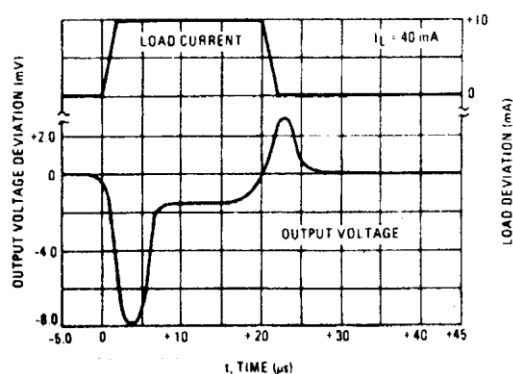


FIGURE 14 -- LOAD TRANSIENT RESPONSE



Sposób wykonania ćwiczenia

Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Przygotowanie do pracy w laboratorium (część projektowa ćwiczenia)

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Projekt stabilizatorów podstawowych: stabilizatora z diodą Zenera, stabilizatora z wtórnikiem emiterowym i stabilizatora z pętlą ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Z zamieszczonej w instrukcji tabeli napięć wejściowych dla stabilizatorów wybierz kolumnę zgodną z numerem zespołu, który stanowisz w grupie laboratoryjnej. Przepisz wybrany zakres wartości napięcia wejściowego do sprawozdania.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Oblicz wartości rezystancji rezystorów R10, R20 i R30 tak, aby utworzone po ich wmontowaniu do wkładki DSN1 stabilizatory napięcia stałego poprawnie pracowały w zakresie napięć wejściowych określonym w p.1.1.1 dla prądów obciążenia od 0 do 25 mA.

Do obliczeń przyjmij średnie wartości napięcia stabilizacji zastosowanych stabilizatorów oraz wartość $h_{21E}=100$. Pamiętaj o szeregu E12.

Narysuj schematy ideowe zaprojektowanych stabilizatorów, umieszczając na nich wartości parametrów użytych elementów.

Dla każdego stabilizatora oblicz moc traconą w użytym w nim stabilizatorze dla najbardziej niekorzystnych warunków pracy stabilizatora. Porównaj otrzymaną wartość z wartością dopuszczalną.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..3. Opracuj i narysuj w sprawozdaniu schemat blokowy układu do pomiaru statycznych charakterystyk wyjściowych zaprojektowanych stabilizatorów.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Projekt stabilizatora kompensacyjnego z układem $\mu A 723$.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Z zamieszczonej w instrukcji tabeli napięć wyjściowych dla stabilizatora z układem $\mu A 723$ wybierz kolumnę zgodną z numerem zespołu, który stanowią w grupie laboratoryjnej. Przepisz wartość napięcia umieszczoną w tej kolumnie do sprawozdania.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Zaprojektuj stabilizator napięcia stałego z układem $\mu A 723$, zapewniający uzyskanie wybranej wartości napięcia wyjściowego i nadający się do realizacji we wkładce DSN2. Przy wyborze układu połączeń i wartości rezystancji rezystorów kieruj się informacjami podanymi w dodatku B. Pamiętaj, że elementy muszą mieć wartości parametrów z szeregu E12. Narysuj schemat stabilizatora.

Określ minimalną wartość napięcia wejściowego, wymaganą dla poprawnej pracy zaprojektowanego przez Ciebie stabilizatora. Wyjaśnij, z czego wynika konieczność zapewnienia takiej wartości napięcia.

Określ maksymalną wartość prądu wyjściowego zaprojektowanego stabilizatora, wynikającą z zastosowanego w układzie ogranicznika prądu.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..3. Opracuj i narysuj schemat blokowy układu do obserwacji odpowiedzi napięciowej stabilizatora kompensacyjnego na skokową zmianę prądu obciążenia. Załóż, że wartość prądu pobieranego ze stabilizatora będzie zmieniać się skokowo od ok. 5 mA do ok. 15 mA (skok prądu ma być równy 10 mA).

Wskazówka. Do wyjścia „V” stabilizatora dołącz źródło prądowe SA1111, natomiast do wyjścia „OBC” - źródło prądowe (charakterograf) SCH2.

Błąd! Nieznany argument przełącznika.. *Praca w laboratorium (część doświadczalna ćwiczenia)*

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument

przełącznika.. Montaż i badanie zaprojektowanych stabilizatorów podstawowych.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Zmontuj zaprojektowane stabilizatory.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Połącz układ pomiarowy według wcześniej przygotowanego (patrz p.1.1.3) schematu blokowego.

Przed rozpoczęciem pomiarów sprawdź, czy stabilizatory pracują poprawnie.

Zmierz, zanotuj w tabelach wyniki pomiarów i wykreśl charakterystyki wyjściowe badanych stabilizatorów dla skrajnych wartości napięć wejściowych i dla prądu obciążenia zmieniającego się w zakresie od 0 do 25 mA. Pomiar przeprowadź tak, aby możliwe było wyznaczenie z sensownym błędem wartości rezystancji wyjściowej każdego stabilizatora dla małej (ok. 1 mA), średniej (ok. 10 mA) i dużej (ok. 20 mA) wartości prądu obciążenia.

Oblicz i umieść w tabelach wartości rezystancji wyjściowej stabilizatorów dla małej, średniej i dużej wartości prądu obciążenia.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Skomentuj zgodność projektu z doświadczeniem. Ponadto napisz:

- a) Jak oceniasz wpływ rezystancji wyjściowej źródła napięcia zasilającego badane stabilizatory na wyniki pomiarów rezystancji wyjściowej?
- b) Który z badanych stabilizatorów i dlaczego bardziej nadaje się do pracy z obciążeniem pobierającym prąd o dużej wartości?
- c) Jak zachowują się badane stabilizatory po zwarciu zacisków wyjściowych?
- d) Czy jest wskazane dołączenie do wyjścia stabilizatora wtórnikowego kondensatora elektrolitycznego o dużej pojemności w celu zmniejszenia poziomu tętnień przechodzących z wejścia na wyjście? Wyjaśnij, co będzie się dziać w układzie z kondensatorem przy włączaniu i wyłączaniu napięcia zasilającego stabilizator.
- e) Zaproponuj możliwie prosty sposób zabezpieczenia tranzystora T20, T30 przed skutkami zwarcia zacisków wyjściowych stabilizatora. Wyjaśnij zasadę działania proponowanego układu.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Wykorzystaj wyniki wykonanych pomiarów (lub wykonaj nowe) do obliczenia zależności współczynnika stabilizacji napięcia wyjściowego od prądu obciążenia badanych stabilizatorów. Wykreśl te zależności.

Skomentuj otrzymane wykresy. W szczególności wyjaśnij, dlaczego wartości współczynników zależą od wartości prądu obciążenia.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Montaż i badanie zaprojektowanego stabilizatora kompensacyjnego.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Wmontuj rezystory do układu. *Zwróć uwagę, że na płycie montażowej są one umieszczone odwrotnie niż na schemacie wkładki.*

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Połącz układ pomiarowy według przygotowanego w punkcie 1.1.3 schematu blokowego, zastępując w nim wkładkę DSN1 wkładką DSN2.

Przed rozpoczęciem pomiarów sprawdź, czy stabilizator pracuje poprawnie.

Ustaw minimalną wartość prądu obciążenia. Następnie ustaw minimalną wartość napięcia wejściowego stabilizatora, przy której stabilizator ma, według Twojego projektu, pracować poprawnie (patrz część projektowa). Zanotuj tę wartość. Zmierz i zanotuj wartość napięcia na wyjściu stabilizatora. Jeśli wynik pomiaru nie mieści się w przewidywanych granicach - sprawdź projekt.

Zachowując pozostałe warunki pomiaru zwiększ do maksimum wartość napięcia wejściowego stabilizatora. Zanotuj wartości napięcia wejściowego i wyjściowego stabilizatora. Na podstawie dokonanych pomiarów oblicz współczynnik stabilizacji od zmian napięcia wejściowego.

Wykonaj pomiary współczynnika stabilizacji dla średniej i dużej (nie większej niż 20 mA) wartości prądu obciążenia. Wszystkie pomiary i wyniki obliczeń zbierz w tabelę.

Uwaga! Ten rodzaj stabilizatora napięcia stałego ma, jeśli jest poprawnie zaprojektowany, bardzo dobre parametry. Aby zauważyć zmianę wartości napięcia wyjściowego w normalnym zakresie pracy stabilizatora, musisz wykonywać pomiary z najmniejszym możliwym błędem.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Zmierz, zanotuj w tabelach wyniki pomiarów i wykreśl charakterystykę wyjściową stabilizatora dla jednej wartości napięcia wejściowego mieszczącej się w zakresie poprawnej pracy stabilizatora i dla prądu obciążenia zmieniającego się w

zakresie od 0 do 25 mA. Zapisz w sprawozdaniu wartość napięcia wejściowego. Oszacuj wartość rezystancji wyjściowej stabilizatora dla średniej (ok. 10 mA) wartości prądu obciążenia.

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Obciąż tak stabilizator, aby włączył się układ ograniczania prądu. Napisz, jak poznałeś, że włączył się układ ograniczania prądu. Zmierz i zanotuj maksymalną wartość prądu wyjściowego stabilizatora. Jak wartość zmierzona ma się do wartości wyznaczonej w części projektowej ćwiczenia?

Błąd! Nieznany argument przełącznika..Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Impulsowy pomiar rezystancji wyjściowej zaprojektowanych stabilizatorów napięcia stałego.

Połącz układ pomiarowy według schematu blokowego przygotowanego w p.1.2.3 części projektowej ćwiczenia.

Ustal wartość prądu wpływającego do źródła SA1111 równą ok. 10 mA. Możesz to zrobić przez dołączenie białego kabla woltomierzowego (którego oba przewody są zwarte wewnątrz wtyku rezystorem 10 Ω) do gniazda „output” źródła i ustalenie wartości napięcia na rezystorze wbudowanym w kabel równej ok. 100 mV. Zanotuj ustaloną wartość prądu.

Wartość napięcia wejściowego stabilizatora powinna być zbliżona do wartości ustalonej przy realizacji p.2.2.3. Zanotuj wartość U_{we} .

Wartość prądu pobieranego przez źródło SCH2 powinna być równa ok. 5 mA. Zanotuj rzeczywistą wartość tego prądu.

Uzyskaj na ekranie oscyloskopu stabilny obraz zmian napięcia na wyjściu stabilizatora. Aby móc obserwować niewielkie zmiany tego napięcia na tle dużej składowej stałej wykorzystaj w oscyloskopie sprzężenie zmien-noprądowe.

Naszkiecuj w sprawozdaniu przebieg uzyskany na ekranie oscyloskopu. Skomentuj uzyskany obraz, porównując go z odpowiednim rysunkiem zamieszczonym w dodatku B.

Oblicz (lub oszacuj) i zanotuj wartość rezystancji wyjściową stabilizatora kompensacyjnego. Skomentuj wynik pomiaru r_{wy} wykonanego metodą impulsową. Na podstawie uzyskanych wyników porównaj metody: statyczną i impulsową pomiaru r_{wy} .