

Eliminacja wpływu temperatury na niezerównoważenie wzmacniacza operacyjnego MAA502

Przedstawiono metodę kompensacji wpływu temperatury na napięcie niezerównoważenia wzmacniacza operacyjnego. Wykorzystuje się w niej temperaturową zależność prądu wejściowego wzmacniacza. Opisana metoda umożliwia zmniejszenie dryftu temperaturowego wejściowego napięcia niezerównoważenia do wartości poniżej $0,1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Ujemną cechą powszechnie stosowanych scalonych wzmacniaczy operacyjnych w układach pomiarowych prądu stałego jest temperaturowy dryft niezerównoważenia zarówno prądów wejściowych, jak i napięcia wejściowego. Przy zmianach temperatury wzmacniacza o kilkanaście stopni, wejściowe napięcie niezerównoważenia zmienia się o ok. $100 \mu\text{V}$. Fakt ten w znacznym stopniu ogranicza możliwości zastosowań scalonych wzmacniaczy operacyjnych w układach pomiarowych. Jednym z możliwych rozwiązań jest termostataowanie wewnętrzne wzmacniacza operacyjnego, utrzymujące w przybliżeniu stałą temperaturę wnętrza niezależnie od zmian temperatury otoczenia. Przykładowo w układzie $\mu\text{A}727$ z termostataowaniem wewnętrznym uzyskuje się dryft temperaturowy napięcia wejściowego rzędu $0,6 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, a więc o rząd wielkości mniejszy niż w stosowanych wzmacniaczach operacyjnych. W niniejszej publikacji przedstawiono metodę kompensacji dryftu temperaturowego z temperaturą w powszechnie stosowanych wzmacniaczach operacyjnych rzędu $0,1 \div 0,2 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. W metodzie tej wykorzystuje się temperaturowe zależności prądu wejściowego wzmacniacza do kompensacji dryftu napięcia niezerównoważenia i można ją również zastosować do polepszenia parametrów wzmacniaczy z termostataowaniem wewnętrznym.

Podstawy metody

Cechą charakterystyczną każdego scalonego wzmacniacza operacyjnego jest to, że zarówno obydwa prądy wejściowe, jak i wejściowe napięcie niezerównoważenia są funkcjami temperatury

$$I_1 = I_{10} (1 + a_1 \Delta T) \quad (1)$$

$$I_2 = I_{20} (1 + a_2 \Delta T) \quad (2)$$

$$\Delta U = \Delta U_0 (1 + \gamma \Delta T) \quad (3)$$

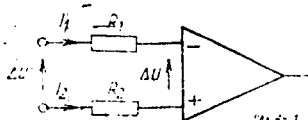
gdzie współczynniki a_1 , a_2 i γ mogą przyjmować w zależności rozrzutów technologicznych wartości zarówno dodatnie, jak i ujemne.

Dla układu przedstawionego na rys. 1, słuszne jest

$$\Delta U' = \Delta U + I_1 R_1 - I_2 R_2 \quad (4)$$

lub po uwzględnieniu zależności (1), (2) i (3) otrzymamy

$$\Delta U' = \Delta U_0 + R_1 I_{10} - R_2 I_{20} + (\gamma + a_1 R_1 I_{10} - a_2 R_2 I_{20}) \Delta T \quad (5)$$

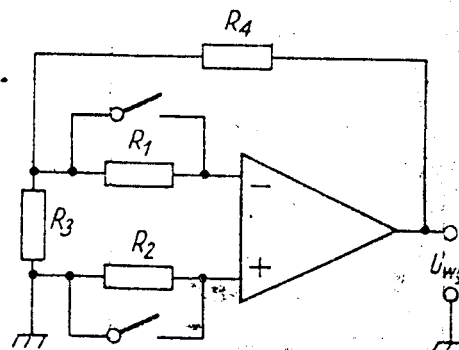


Rys. 1. Wzmacniacz operacyjny z dołączonymi rezystorami kompensacyjnymi

Dla eliminacji wpływu temperatury spełniony musi być warunek

$$\gamma + a_1 I_{10} R_1 - a_2 I_{20} R_2 = 0 \quad (6)$$

Możliwy jest więc taki dobór wartości rezystorów R_1 i R_2 , że wpływ temperatury skompensuje się. W tym celu należy określić wartości parametrów γ , $a_1 I_{10}$, $a_2 I_{20}$, co jest możliwe przy zastosowaniu układu przedstawionego na rys. 2. Wykorzystując pomiar w



PAK 48.2

Rys. 2. Układ pomiarowy do określenia właściwości temperaturowych wzmacniacza operacyjnego: $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$

dwóch temperaturach określa się przyrost napięcia wejściowego dla trzech przypadków:

$$\Delta U_{wy}^I \text{ dla } R_1 = 0 \text{ i } R_2 = 0$$

$$\Delta U_{wy}^{II} \text{ dla } R_1 = 0 \text{ i } R_2 = R_p \quad (7)$$

$$\Delta U_{wy}^{III} \text{ dla } R_1 = R_p \text{ i } R_2 = 0$$

Poszukiwane parametry obliczyć można z zależności

$$\gamma = \frac{R_3}{R_4} \frac{\Delta U_{wy}^I}{\Delta T} \quad (8)$$

$$a_1 I_{10} = \frac{R_3}{R_4} \frac{\Delta U_{wy}^{III} - \Delta U_{wy}^I}{\Delta T R_p} \quad (9)$$

$$a_2 I_{20} = \frac{R_1}{R_4} \frac{\Delta U_{wy}^{II} - \Delta U_{wy}^I}{\Delta T R_p} \quad (10)$$

W celu kompensacji wpływu temperatury należy dobrać wartości rezystorów R_1 i R_2 tak by spełnione było wyrażenie (6). W szczególnym przypadku można np. założyć, że $R_1 = 0$, a wartość R_2 obliczyć z zależności

$$R_2 = \frac{\Delta U_{wy}^I}{\Delta U_{wy}^{II} - \Delta U_{wy}^I} R_p \quad (11)$$

Może się okazać, że wartość rezystora R_2 ma być ujemna. W tym przypadku należy przyjąć $R_2 = 0$, i obliczyć wartość rezystora R_1 .

$$R_1 = \frac{\Delta U_{wy}^{II}}{\Delta U_{wy}^{III} - \Delta U_{wy}^{I}} R_2 \quad (12)$$

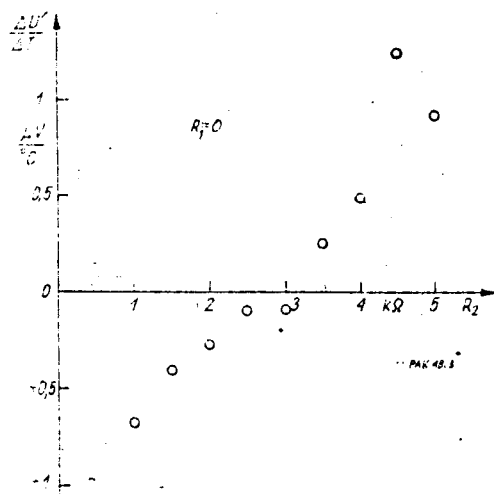
Pomiary

Przy wykorzystaniu opisanej metody możliwe było skompensowanie wpływu temperatury na napięcie niezrównoważenia w wielu typach wzmacniaczy operacyjnych. Wykonano pomiary dla wzmacniaczy typu: $\mu A709$, MAA501, MAA502, MAA504, $\mu A741$, ULY7741N. Dla każdego z typów możliwe było zmniejszenie dryftu temperaturowego o ok. jeden rząd wielkości. Stosunkowo najlepsze rezultaty uzyskano w przypadku wzmacniaczy typu MAA502, gdzie w zakresie temperatur od 20°C do 90°C w niektórych egzemplarzach uzyskano dryft napięcia niezrównoważenia mniejszy od $0,1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Przykładowy sposób postępowania, wyniki obliczeń i pomiarów dla jednego ze wzmacniaczy MAA502 zestawione są poniżej.

$$T_1 = 20^\circ\text{C} \quad T_2 = 90^\circ\text{C} \quad \Delta T = 70^\circ\text{C} \quad R_2 = 8,87 \text{ k}\Omega$$

$$\Delta U_{wy}^I = -18 \text{ mV} \quad \Delta U_{wy}^{II} = -85 \text{ mV} \quad \Delta U_{wy}^{III} = +68 \text{ mV}$$

Przyjmując $R_1 = 0$ z zależności (11) obliczamy $R_2 = 2,38 \text{ k}\Omega$. Dla sprawdzenia pomierzono dryft temperaturowy napięcia wyjściowego przy założeniu $R_1 = 0$ i różnych wartości R_2 . Wyniki przedstawiają



Rys. 3. Dryft temperaturowy napięcia wyjściowego mierzonego wzmacniacza MAA502 w funkcji zmian rezystora R_2 .

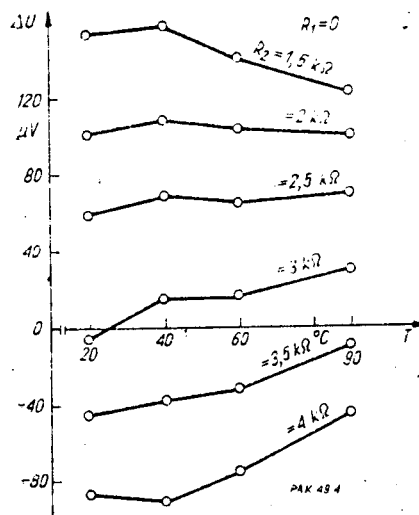
rys. 3 i 4. Dla wartości $R_2 = 2 \div 2,5 \text{ k}\Omega$ temperaturowy dryft napięcia wyjściowego w zakresie temperatur od 20°C do 90°C jest mniejszy od $0,1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Podsumowanie

W czasie badań nad skutecznością opisanej metody stwierdzono następujące fakty:

1. Rezystory układu zewnętrznego polaryzującego wejścia wzmacniacza operacyjnego można uwzględnić przy doborze rezystorów kompensacyjnych.

2. Włączenie w szereg z wejściem rezystora kompensacyjnego nie pogarsza w zauważalny sposób pozostałych parametrów elektrycznych wzmacniacza.



Rys. 4. Wejściowe napięcie niezrównoważenia mierzonego wzmacniacza MAA502 w funkcji temperatury, przy R_2 jako parametrze.

3. Możliwy jest dobór rezystorów kompensacyjnych, metodą prób i błędów, już dla wzmacniacza wmontowanego do układu, w którym ma pracować. Wprowadzając narażenia termiczne (np. przez krótkotrwałe dotknięcie lutownicą) można zaobserwować kierunek zmian napięcia wyjściowego, a zmieniając wartość rezystora R_1 lub R_2 można „uodpornić” układ na narażenia termiczne.

4. Wadą metody jest konieczność indywidualnej kompensacji każdego ze wzmacniaczy, lecz umożliwia ona uzyskiwanie dobrych rezultatów z powszechnie dostępnymi wzmacniaczami operacyjnymi.

5. Dalsze zmniejszenie dryftu temperaturowego jest ograniczone nieliniowością zjawisk i jest możliwe przy zawężeniu przedziału temperatur lub wykorzystaniu wzmacniaczy z termostowaniem wewnętrznym. Jednak już przy poziomach $0,1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ minimalne wartości mierzonych sygnałów ograniczone są niestabilnościami czasowymi i szumami własnymi wzmacniaczy.

6. Zauważono, że prądy wejściowe scalonych wzmacniaczy operacyjnych maleją z temperaturą, bo dominuje temperaturowy wzrost współczynnika wzmocnienia β nad wzrostem prądu źródła wejściowej pary różnicowej, który jest zwykle proporcjonalny do temperatury bezwzględnej.

7. Zmniejszenie dryftu temperaturowego prowadzi zwykle do niewielkiego przesunięcia się poziomu „zera” wzmacniacza. Przy czym najczęściej niezrównoważenie rośnie, ale zdarzają się wzmacniacze, w których to niezrównoważenie maleje.

8. W przypadku wzmacniaczy $\mu A741$ możliwe jest jednocześnie uzyskanie kompensacji wpływu temperatury i wyzerowanie wzmacniacza. W tym celu przed każdym cyklem grzania, w układzie pomiarowym z rys. 2, konieczne jest zerowanie wzmacniacza przy wykorzystaniu typowego układu zerowania dla $\mu A741$.

Otrzymano 15.5.81.

KATALOGI NADESLANE

(cd. ze s. 169)

Projektowanie testowania za pomocą QUEST — Kohli M., Helms B. E.: Obudowa komputera HP 3000, seria 64.

Firma Shaw (Anglia) nadesłała informacje o produkowanych wilgotnościomierzach pojemnościowych, wyposażonych w automatyczne wzorcowanie. Możliwa rejestracja i alarmowy sygnał dźwiękowy. Odmiany: przyrząd wielokanałowy przemiatający i dwuzakresowy. Podziałka jest

wyworocowana w stężeniu pary wodnej lub w temperaturach punktu rosy.

Firma Rohde Schwarz zawiadamia o produkcji generatora logicznego IGA do pomiaru układów cyfrowych.

Firma Degussa Messtechnik nadesłała katalog termoelementów i termometrów oporowych z obejmającymi umożliwiającymi pomiar temperatury powierzchni rur.