

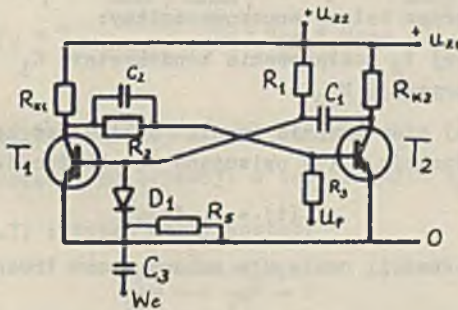
KRZYSZTOF TANNENBERG

MULTIWIBRATOR MONOSTABILNY O PODWÓJZONEJ
STAŁOŚCI CZASU TRWANIA IMPULSU

Streszczenie. W artykule przeprowadzono analizę wpływu temperatury na czas trwania impulsu w uniwbibratorze. Zapropozowano układ uniwbibratora z kompensacją wpływu temperatury przy pomocy diody Zenera. Dokonano analizy pracy układu i porównano otrzymane z rozważań teoretycznych wyniki z wynikami doświadczeń.

1. Multiwbibrator monostabilny bez kompensacji wpływu temperatury

Multiwbibrator monostabilny (uniwbibrator) jest często spotykanym układem służącym do wytwarzania impulsów pojedynczych, które otrzymuje się po pobudzeniu układu impulsem zewnętrznym. Najczęściej spotykaną wadą tradycyjnych rozwiązań uniwbibratorów jest mała stałość czasu trwania impulsu. Szczególnie niekorzystne jest to w przypadku stosowania uniwbibratora jako dzielnika częstotliwości. Zasadniczym czynnikiem pogarszającym stałość czasu trwania impulsu jest zmiana temperatury.



Rys. 1. Multiwbibrator monostabilny

Czas trwania impulsu w układzie jak na rys. 1 wyraża się wzorem [1]:

$$\tau = R_1 C_1 \ln \frac{U_{Z1} + U_{Z2} - I_{CO} (R_1 - R_{K2}) - U_{BEP} - U_{CEZ}}{U_{Z2} + I_{CO} R_1 - U_{BEP}}, \quad (1.1)$$

gdzie

U_{Z1} - napięcie zasilania

U_{Z2} - napięcie polaryzacji

I_{CO} - prąd zerowy kolektora

U_{BEP} - napięcie baza-emiter przewodzącego tranzystora

U_{CES} - napięcie kolektor-emiter tranzystora nasyczonego

U'_{BEP} - napięcie, przy którym następuje odetkanie tranzystora T_1 .

Na niestakość czasu trwania impulsu w zasadniczym stopniu wpływają zmiany U_{BEP} i I_{CO} , które wynoszą [1]:

$$\Delta U_{BEP} = c \cdot t; \quad c = -(1 + 2,5) \text{ mV}/^\circ\text{C} \quad (1.2)$$

$$\Delta I_{CO} = I_{CO}(t_0) (\exp(b \cdot t) - 1), \quad (1.3)$$

gdzie

t_0 - temperatura początkowa

t - zmiana temperatury

$b = 0,05$ - dla tranzystorów krzemowych

$b = 0,07$ - dla tranzystorów germanowych

Typowa stałość osiągana w układach uniwbulatorów wynosi $[0,2 \pm 0,5] \%/^\circ\text{C}$.

2. Kompensacja wpływu temperatury

Kompensację wpływu temperatury na czas trwania impulsu w uniwbulatorze zrealizować można przez celowo wnoszone zmiany:

a) stałej czasowej T_S rozładowania kondensatora C_1

b) napięcia polaryzacji U_{Z2} .

Oznaczmy przez $\tau(t)$ czas trwania impulsu układu bez kompensacji i załóżmy, że znana jest funkcja $f_1(t)$ opisująca tę zależność.

$$\tau(t) = f_1(t). \quad (2.1)$$

Niech w wyniku kompensacji następuje zmiana czasu trwania impulsu o $\Delta\tau(t)$ i załóżmy, że:

$$\Delta\tau(t) = f_2(t). \quad (2.2)$$

W celu uzyskania idealnej kompensacji wpływu temperatury, powinno być spełnione, w całym zakresie zmian temperatury, równanie:

$$\tau(t) - \Delta\tau(t) = \tau_0, \quad (2.3)$$

gdzie τ_0 - czas trwania impulsu w temperaturze t_0 .

Po podstawieniu (2.1) i (2.2) do (2.3) otrzymamy:

$$f_1(t) - f_2(t) = \tau_0. \quad (2.4)$$

Przy założeniu, że:

$$f_2(t) = f_2[T_S(t); U_{Z2}(t)] \quad (2.4a)$$

i po zróżniczkowaniu (2.4) otrzymamy:

$$\frac{df_1}{dt} - \left[\frac{\partial f_2}{\partial T_S} \frac{dT_S}{dt} + \frac{\partial f_2}{\partial U_{Z2}} \frac{dU_{Z2}}{dt} \right] = 0. \quad (2.5)$$

W przypadku, gdy kompensacji dokonujemy wyłącznie przez zmianę stałej czasowej T_S , równanie (2.5) przyjmie postać:

$$\frac{df_1}{dt} - \frac{\partial f_2}{\partial T_S} \frac{dT_S}{dt} = 0. \quad (2.6)$$

Kompensując wpływ temperatury tylko napięciem polaryzacji z (2.5) otrzymamy:

$$\frac{df_1}{dt} - \frac{\partial f_2}{\partial U_{Z2}} \frac{dU_{Z2}}{dt} = 0. \quad (2.7)$$

Zmiany T_S lub U_{Z2} potrzebne do skompensowania wpływu temperatury są stosunkowo niewielkie i bez popełnienia większego błędu możemy równanie (2.5) przepisać w postaci:

$$\frac{df_1}{dt} - \left[\frac{\partial f_2}{\partial T_S} \Big|_{T_S = T_{S0}} \cdot \frac{dT_S}{dt} + \frac{\partial f_2}{\partial U_{Z2}} \Big|_{U_{Z2} = U_{Z20}} \cdot \frac{dU_{Z2}}{dt} \right] = 0, \quad (2.8)$$

gdzie

T_{S0} - wartość stałej czasowej w temperaturze t_0

U_{Z20} - wartość napięcia polaryzacji w temperaturze t_0 .

Równania (2.6) i (2.7) przyjmą wtedy postać:

$$\frac{df_1}{dt} - A \frac{dT_S}{dt} = 0 \quad (2.9)$$

$$\frac{df_1}{dt} - B \frac{dU_{Z2}}{dt} = 0, \quad (2.10)$$

gdzie

$$A = \frac{\partial f_2}{\partial T_S} \Big|_{T_S = T_{S0}} = \text{const}$$

$$B = \frac{\partial f_2}{\partial U_{Z2}} \bigg|_{U_{Z2}=U_{Z20}} = \text{const.}$$

W dalszych rozważaniach założymy, że zależność czasu trwania impulsu od temperatury, w układzie bez kompensacji, jest liniowa i da się wyrazić w postaci:

$$f_1(t) = \tau_0 + k_1 \cdot \tau_0 \cdot t, \quad (2.11)$$

gdzie

τ_0 - czas trwania impulsu w temperaturze t_0

t - zmiana temperatury

$$k_1 = (2 \div 5) \cdot 10^{-3}.$$

Po podstawieniu (2.11) do (2.9) i (2.10) i przekształceniu otrzymamy:

$$\frac{dT_S}{dt} = \frac{k_1}{A} \cdot \tau_0 \quad (2.12)$$

$$\frac{dU_{Z2}}{dt} = \frac{k_1}{B} \cdot \tau_0, \quad (2.13)$$

stąd

$$T_S = T_{S0} + A_1 \cdot t \quad (2.14)$$

$$U_{Z2} = U_{Z20} + B_1 \cdot t, \quad (2.15)$$

gdzie

$$A_1 = \frac{k_1}{A} \cdot \tau_0$$

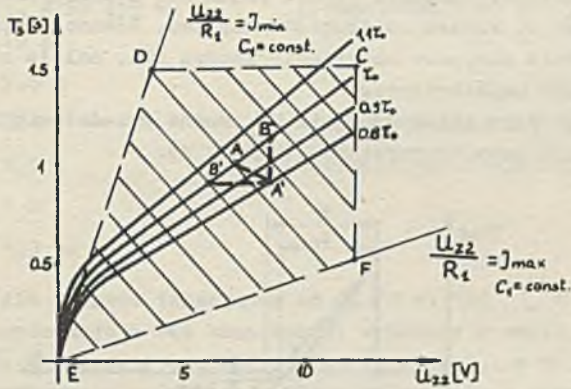
$$B_1 = \frac{k_1}{B} \cdot \tau_0.$$

Wartości T_{S0} i U_{Z20} oblicza się z przybliżonego wzoru na czas trwania impulsu (2.16).

$$\tau_0 = T_{S0} \cdot \ln \frac{U_{Z1} + U_{Z20}}{U_{Z20}}. \quad (2.16)$$

Wzór (2.16) można w układzie współrzędnych $T_S; U_{Z2}$, dla danego U_{Z1} , przedstawić w postaci rodziny krzywych, traktując τ jako parametr. Krzywe na rys. 2. wykonane są dla $U_{Z1} = 12 \text{ V}$ i $\tau_0 = 1 \text{ s}$.

Jeżeli układ pracujący w punkcie A w wyniku zmiany temperatury przejdzie w punkt A', to tym samym zmieni się czas trwania impulsu uniwibratora. Kompensacja stałą czasową polega na przesunięciu punktu pracy z punktu A' z potrotem na krzywą τ_0 do punktu B'. Kompensacja napięciem odniesienia powoduje przesunięcie punktu pracy z punktu A' do punktu B'', który także znajduje się na krzywej τ_0 . Zmiany punktu pracy spowodowane zmianą tem-

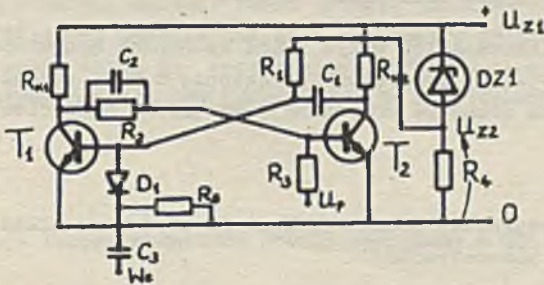
Rys. 2. Zależność czasu trwania impulsu τ od T_3 i U_{Z2}

I_{\min} , I_{\max} - minimalna i maksymalna dopuszczalna wartość prądu bazy tranzystora T_1

temperatury nie mogą jednak być zbyt duże i nie mogą spowodować wyjścia punktu pracy z obszaru CDEF. Ograniczenia prostymi ED i EF wynikają z warunków na maksymalną i minimalną dopuszczalną wartość prądu bazy tranzystora przewodzącego w stanie niewzbudzonym uniwibratora. (Na rys. 1 jest to tranzystor T_1). Zła powtarzalność długości impulsu przy bardzo dużych stałych czasowych zmusza do ograniczenia obszaru dopuszczalnej pracy odcinkiem DC. W przypadku, gdy układ zasilany jest z jednego źródła, napięcie U_{Z2} nie może przewyższyć U_{Z1} , co ilustruje odcinek FC. Wzory (2.14) i (2.15) wyznaczają charakterystyki elementów kompensujących. Łatwo zauważyć, że zmianę napięcia wyrażoną wzorem (2.15) można w przybliżeniu uzyskać korzystając z diody Zenera.

3. Multiwibrator monostabilny z kompensacją wpływu temperatury przy pomocy diody Zenera

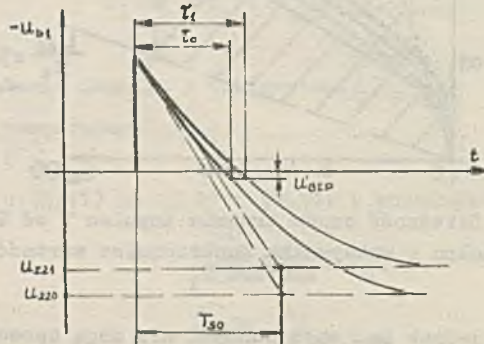
Na rys. 3. przedstawiono układ z kompensacją wpływu temperatury diodą Zenera.



Rys. 3. Multiwibrator monostabilny z kompensacją wpływu temperatury przy pomocy diody Zenera

Wzrost temperatury powoduje wzrost prądu I_{CO} i zmniejszenie się napięcia U'_{BEP} , a przez to skracanie długości impulsu. Równocześnie ze wzrostem temperatury rośnie napięcie na diodzie Zenera DZ1, maleje napięcie U_{Z2} , a to wydłuża impuls uniwibratora.

Kompensujący wpływ zmian napięcia U_{Z2} można przedstawić na przebiegu czasowym napięcia bazy tranzystora T_1 (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ zmian napięcia U_{Z2} na czas trwania impulsu

Przy pominięciu I_{CO} ; U_{CEP} ; U_{CES} , długość impulsu w układzie jak na rys. 3 wyraża się wzorem:

$$\tau = C_1 R_1 \left(1 + \frac{\alpha}{1 + \beta} \right) \cdot \ln(1 + x), \quad (3.1)$$

gdzie

$$\alpha = \frac{R_4}{R_1}$$

$$\beta = \frac{R_4}{R_d}$$

$$x = \frac{U_{Z1}}{U_{Z2}}$$

R_d - oporność dynamiczna diody Zenera.

Ze względu na niezauważalny wpływ zmian oporności dynamicznej diody Zenera na stałą czasową T_S (szeregowe połączenie z R_1), przedstawiony sposób kompensacji można uznać za kompensację wyłącznie napięciem polaryzacji.

4. Wyniki

W oparciu o wcześniej podane rozważania zbudowano układ jak na rys. 3 o następujących parametrach:

transystory: T_1 i T_2 - BF 519kondensatory: $C_1 = 0,1 \mu F$ oporniki: $R_1 = 15 k$ $C_2 = 1200 pF$ $R_2 = 5,6 k$ $C_{we} = 1500 pF$ $R_3 = 20 k$

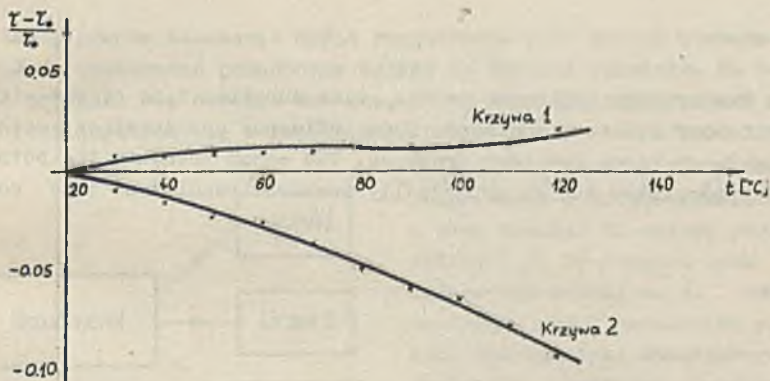
dioda Zenera: BZ 11 06V2

 $R_4 = 2,5 k$

napięcie zasilania: 12 V

 $R_{K1} = 1 k$ $R_{K2} = 3,3 k.$

Pomiarów dokonano dla zakresu temperatur od 20 °C do 120 °C. W celu porównania układów z kompensacją i bez kompensacji wykonano 2 serie pomiarów. W pierwszym przypadku podgrzewany był cały układ (krzywa 1), a w drugim temperatura diody Zenera przez cały czas pomiaru była stała i wynosiła 20 °C (krzywa 2).



Rys. 5. Zmiana długości impulsu w funkcji temperatury

Przekompensowanie w układzie spowodowane jest mniejszym niż założono wpływem temperatury na czas trwania impulsu (założono $k_1 = 3 \cdot 10^{-3}$, tj. 0,3%/°C, a w rzeczywistości układ miał k_1 równe ok. $1 \cdot 10^{-3}$), oraz błędami wynikającymi z założeń o liniowej zmianie czasu trwania impulsu w układzie bez kompensacji i o liniowej zmianie napięcia na diodzie Zenera. Pomimo to otrzymane wyniki można uznać za zadowalające, ponieważ kompensacja zmniejszyła blisko czterokrotnie wpływ temperatury na czas trwania impulsu.

LITERATURA

1. Baranowski J. - Półprzewodnikowe układy impulsowe - WNT Warszawa - 1970.

ОДНОВИВРАТОР С ПОМЪЛВЕННИМЪ КЪСТОЯТЕЛНОСТЪ И ПУЛСЪВЪ ВЪРЕМЪНЪ ИМУЛЪСА

Резюме

В статията е даден анализ влияния температуры на интервал времени импульса одновибратора. Представлена схема одновибратора с компенсацией влияния температуры диодом Зенера. Рассмотрен анализ работы схемы и сравнено теоретические и экспериментальные результаты компенсации.

SINGLE-SHOT MULTIVIBRATOR WITH IMPROVED TEMPERATURE STABILITY OF PULSE DURATION TIME

Summary

The temperature influence on the pulse duration time of the singleshot multivibrator has been analyzed. This influence compensation method with matched Zener diode has been proposed. The paper presents the both theoretically calculated and experimentally measured results of this compensation.