

Szybki bezpiecznik elektroniczny DC

Artykuł ten stanowi uzupełnienie „Notatnika Praktyka“ z bieżącego wydania EP. Przedstawiamy przykład rozwiązania bardzo szybkiego bezpiecznika elektronicznego przeznaczonego do pracy w obwodach prądu stałego. Układ zmontowany w obudowie może być niezależnym urządzeniem, może też być wbudowany do większego przyrządu, na przykład zasilacza.

Popularne bezpieczniki topikowe mają stosunkowo długi czas reakcji i nie zabezpieczają delikatnych przyrządów półprzewodnikowych przed uszkodzeniem.

Tymczasem w wielu wypadkach, choćby przy różnych eksperymentach, potrzebny jest jak najszybszy bezpiecznik. Proponujemy wykonanie prostego układu bezpiecznika elektronicznego, który z pewnością okaże się bardzo przydatny w każdej pracowni elektronicznej.

Układ jest tak zaprojektowany, że po przekroczeniu prądu nominalnego obwód prądu zostaje przerwany i pozostaje w takim stanie aż do ręcznego wyzerowania za pomocą przycisku.

Opis działania

Schemat elektryczny układu jest pokazany na **rysunku 1**.

W warunkach normalnej pracy prąd przepływa przez rezystor pomiarowy R1 i otwarty tranzystor T1. Suma spadków napięć na obydwu tych elementach przy prądzie nominalnym jest rzędu 0,1...0,2V. W zależności od przewidywanego zakresu prądowego należy użyć stosownego tranzystora. W modelu zastosowano popularny i tani tranzystor MOSFET typu BUZ10. Rezystancja tego tranzystora w stanie otwarcia jest mniejsza niż 0,08Ω, co umożliwia pracę z prądami do kilku amperów.

Wartość rezystora R1 należy dobrać według przewidywanego prądu maksymalnego tak, aby spadek napięcia na nim nie przekroczył wartości 0,05...0,1V. Tak mały spadek napięcia daje oczywiście niewielkie straty mocy. W rezultacie tranzystor T1 nie wymaga stosowania radiatora, a i rezystor R1 może mieć niewielkie wymiary.

Wzmacniacz US1A wzmacnia niewielkie napięcie z rezystora pomiarowego R1.

W modelu zastosowano popularny podwójny wzmacniacz operacyjny LM358, ponieważ może on pracować z napięciem wejściowym bliskim zeru. Nie nadają się tu inne znane kostki, jak choćby TL082 czy NE5532, ze względu na inną budowę stopni wejściowych.

Układ scalony US1A pracuje jako wzmacniacz odwracający, przy czym w obwodzie sprzężenia zwrotnego zamiast rezystora włączono trzy diody krzemowe. Dzięki temu napięcie wyjściowe jest proporcjonalne do logarytmu prądu. Daje to możliwość płynnego ustawienia prądu zadziałania od kilku miliamperów do kilku amperów w jednym zakresie za pomocą potencjometru P1.

Jeśli potrzebna byłaby skala liniowa, zamiast diod D1...D3 należałoby zastosować rezystor o wartości np. 15...33kΩ.

Tranzystory T3 i T4 tworzą układ mający właściwości tyrys-

tora. Po wyzwoleniu, dzięki silnemu dodatniemu sprzężeniu, oba tranzystory przewodzą aż do momentu naciśnięcia przycisku S1.

Zielona dioda LED D4 świeci ciągle wskazując na obecność napięcia zasilającego.

W warunkach normalnej pracy na bramkę tranzystora T1 jest podawane przez rezystor R6 pełne napięcie zasilające - tranzystor jest więc otwarty.

W proponowanym układzie korzystniejsze jest użycie jako T1 tranzystora polowego zamiast bipolarnego. Tranzystor bipolarny wymagałby znacznego prądu bazy dla zapewnienia pracy w zakresie nasycenia, a i tak przy większych prądach napięcie nasycenia byłoby co najmniej takie same, jak napięcie na otwartym tranzystorze polowym.

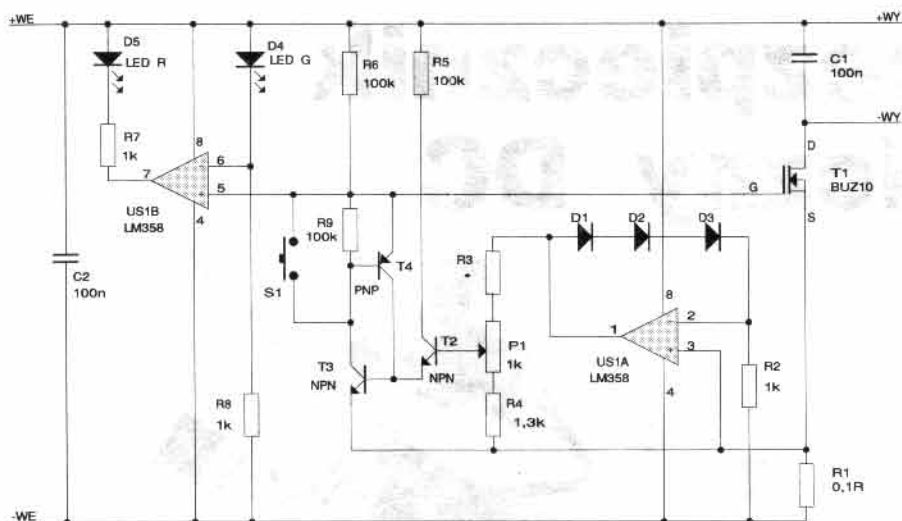
Układ US1B pracuje jako komparator porównujący napięcie na rezystorze R8 z napięciem bramki tranzystora T1. Po zadziałaniu struktury tyrystorowej i wyłączeniu tranzystora zapali się więc czerwona dioda D5.

Powrót do stanu spoczynkowego następuje po naciśnięciu przycisku S1 (także po włączeniu zasilania trzeba wyzerować układ tym przyciskiem).

W modelu z elementami według rysunku 1 zakres prądu zadziałania wynosi od około 10mA do 1,5A.

Diody D1...D3 mają znaczny współczynnik temperaturowy, ale





Rys. 1. Schemat elektryczny szybkiego bezpiecznika DC

zmiany termiczne są w dużym stopniu skompensowane zmianami napięć baza-emiter tranzystorów T2, T3, o ile tylko wszystkie elementy mają jednakową temperaturę. Z tego względu, jeśli zakres prądu wykracza ponad 1A, należy rezystor R1 oddalić o kilka centymetrów od tranzystorów T2 i T3. W zależności od potrzebnego zakresu można dobrać wartości R3 (w modelu 0 - zwora) i R4 (w modelu 1,3kΩ).

Układ jest przewidziany do pracy w zakresie napięć zasilających 6...20V. Zakres napięć zasilających jest ograniczony od góry dopuszczalnym napięciem bramka-źródło tranzystora T1.

Zmierzono szybkość reakcji układu na przeciążenie. Napięcie zasilania wynosiło przy tym 16V. Przy nastawieniu ograniczenia na prąd minimalny (ok. 10mA) obciążano wyjście rezystorem 12Ω (1,33A). Impuls prądu przeciążenia trwał tylko około 2μs, co jest wartością przynajmniej trzy rzędy wielkości (1000 razy) mniejszą od czasu reakcji bezpieczników topikowych.

Jeśli tak krótki czas reakcji nie jest potrzebny, to można włączyć opóźniający obwód RC między potencjometr P1 a bazę tranzystora T2. Otrzymamy wtedy bezpiecznik elektroniczny o działaniu zwłocznym. Tu trzeba też wspomnieć o kondensatorach C1 i C2. Są one potrzebne dla zabezpieczenia układu przed samowzbudzeniem. Pojemność C2 (na wejściu) można dowolnie zwiększać dodając kondensator elektrolityczny. Nie zaleca się natomiast zwiększania war-

tości C1, bo energię zgromadzoną w tym kondensatorze należy dodać do energii, jaka „przedostanie się” przez bezpiecznik w procesie rozłączania obwodu. Przy dużej pojemności C1 zalety naszego bezpiecznika (szybkość i mała wartość I^2t) zostaną zmarnowane.

Układ po zadziałaniu zabezpieczenia wymaga ręcznego wyzerowania. Jeśli jednak wyeliminujemy tranzystor T4 i zewrzymy rezystor R9, to zamiast odłączania uzyskamy możliwość ograniczania prądu do wartości ustawionej potencjometrem P1 (taki rodzaj pracy występuje też przy trwałym naciśnięciu przycisku S1).

W układzie modelowym, pracującym nie jako bezpiecznik, tylko jako ogranicznik przy największych prądach nastawionych zaobserwowano samowzbudzenie. Wynikło ono z bardzo dużego wzmocnienia w pętli US1A, T2, T3, T1. Jeśli więc układ miałby pracować jako ogranicznik to należy zmniejszyć wzmocnienie, choćby przez usunięcie tranzystora T2, a nawet zastosowanie niewielkiego rezystora w obwodzie emitera T3.

W przedstawionym rozwiązaniu układ pomiaru prądu i wyłącznik (T1) umieszczone są w obwodzie ujemnej szyny zasilającej. Jeśli układy te musiałyby być umieszczone w obwodzie szyny dodatniej, to należy zastosować (droższy) tranzystor MOSFET z kanałem P i użyć wzmacniaczy operacyjnych mogących pracować z napięciami wejściowymi bliskimi dodatniego napięcia zasilającego. Z pojedynczych wzmacniaczy ope-

racyjnych można tu polecić LM301 (krajowy odpowiednik - ULY7701) lub LF355 (LF356).

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na połowie płytki uniwersalnej PU-02. Rozmieszczenie elementów nie jest krytyczne, lecz zawsze należy stosować możliwie zwarty montaż i krótkie przewody połączeniowe.

Po dokładnej kontroli prawidłowości montażu należy sprawdzić funkcjonowanie układu. Potrzebny do tego jest zasilacz i kilka rezystorów. Należy sprawdzić najmniejszą i największą prąd zadziałania.

Przy uruchomieniu modelu nie wystąpiły żadne problemy. Przy zerowym poborze prądu napięcie na wyjściu US1A (nóżka 1) wynosiło 900mV, przy 10mA - 1,10V, natomiast przy prądzie 1A - 1,65V.

Jeśli napięcie niezrównoważenia zastosowanego egzemplarza układu LM358 będzie inne, to napięcie spoczynkowe ($I_{wy} = 0$) może wynosić 0...950mV. Nie ma to wpływu na działanie układu. W skrajnych przypadkach, gdy napięcie niezrównoważenia uniemożliwi poprawną pracę, należy równoległe do zespołu diod D1...D3 dołączyć rezystor o wartości 1...4,7MΩ. Jeśli to nie pomoże trzeba zmienić egzemplarz układu scalonego.

Piotr Górecki, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: 0,1Ω (zależnie od zakresu prądu pracy; patrz tekst)
- R2, R7, R8: 1kΩ
- R3: dobierany według potrzeb (zwora)
- R4: 1,3...1,5kΩ
- R5, R6, R9: 100kΩ
- P1: 1kΩ A

Kondensatory

- C1, C2: 100nF ceramiczny

Półprzewodniki

- D1-D3: dowolne Si np. 1N4148
- D4: LED (kolor zielony)
- D5: LED (kolor czerwony)
- T1: BUZ10
- T2, T3: NPN np. BC547
- T4: PNP np. BC557
- US1: LM358

Różne

- S1: dowolny przycisk
- płytki uniwersalna PU-02