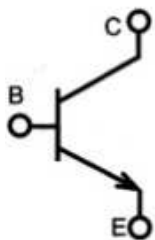


5.5. Tranzystor

Tranzystor ma 3 końcówki (elektrody) o nazwach: kolektor (C), baza (B) i emiter (E) (rys. 5.49).

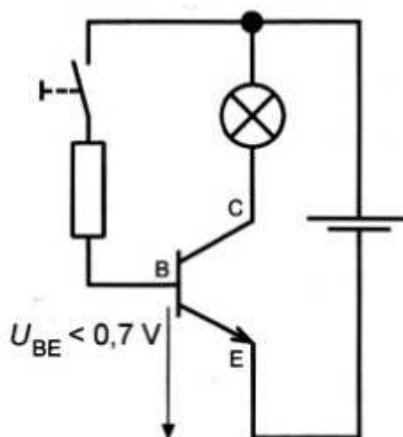
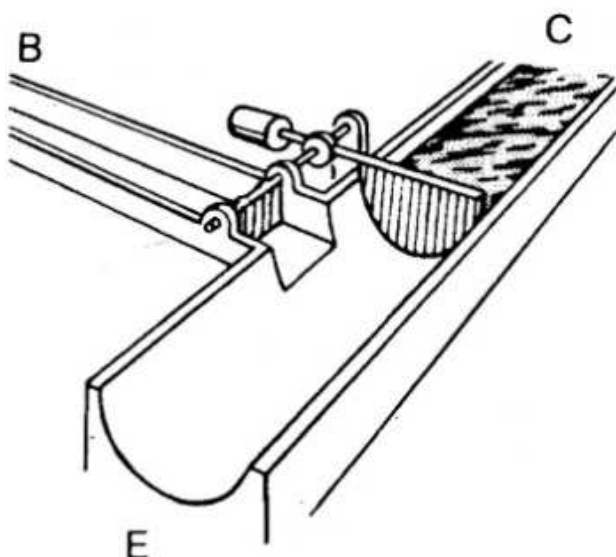


Rys. 5.49
Symbol graficzny tranzystora

Zestyk otwarty (rys. 5.50)

Napięcie baza-emiter U_{BE} wynosi poniżej 0,7 V.

Pomiędzy kolektorem i emiterem nie ma przewodzenia. Tranzystor blokuje przepływ prądu.



Rys. 5.50

Rysunek modelu i układ połączeń: tranzystor jako otwarty zestyk

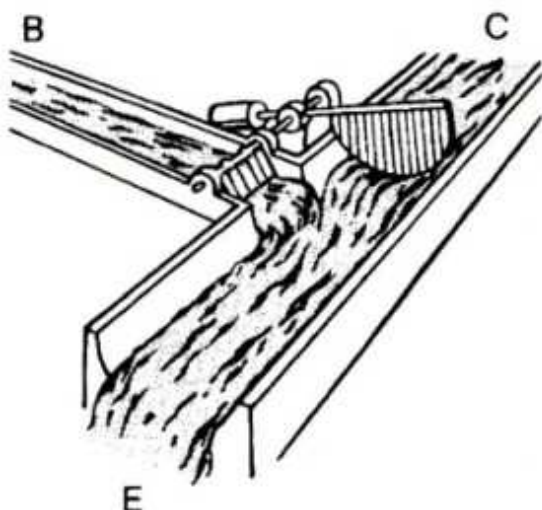
Zestyk zamknięty (rys. 5.51)

Napięcie baza-emiter U_{BE} jest większe niż 0,7 V.

Pomiędzy kolektorem i emiterem jest przewodzenie. Tranzystor nie blokuje przepływu prądu.



Mały prąd bazy steruje dużym prądem kolektor-emiter.



Rys. 5.51

Rysunek modelu i układ połączeń: tranzystor jako zamknięty zestyk

5.5.1. Tranzystor jako element sterowalny

Ustalanie minimalnego napięcia baza-emiter (rys. 5.52)

U_{BE} – napięcie pomiędzy bazą i emiterem

$U_{BE} \approx 70 \text{ V}$

Przy jakim napięciu pomiędzy bazą i emiterem U_{BE} tranzystora, obwód kolektor-emiter w tranzystorze zacznie przewodzić prąd na tyle, żeby zaświeciła się żarówka?

Konieczne jest napięcie baza-emiter U_{BE} około $+0,7 \text{ V}$, aby obwód kolektor-emiter tranzystora zaczął przewodzić prąd.

Stosunek prądu kolektora do prądu bazy

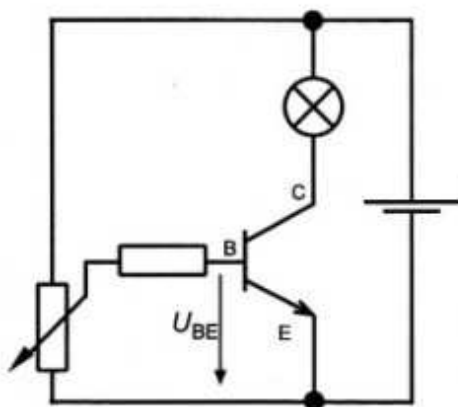
I_B – prąd bazy

I_C – prąd kolektora

$I_B = 0,25 \text{ mA}$

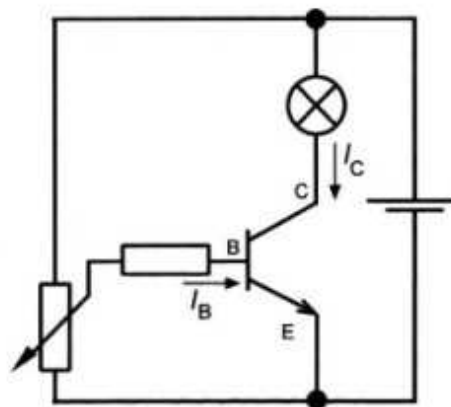
$I_C = 80 \text{ mA}$

Wzmocnienie prądu B wynosi tyle, ile razy prąd kolektora jest większy od prądu bazy (rys. 5.53)



Rys. 5.52

Niezbędne napięcie baza-emiter dla przepływu prądu przez tranzystor



Rys. 5.53

Ustalenie wzmocnienia prądu B tranzystora

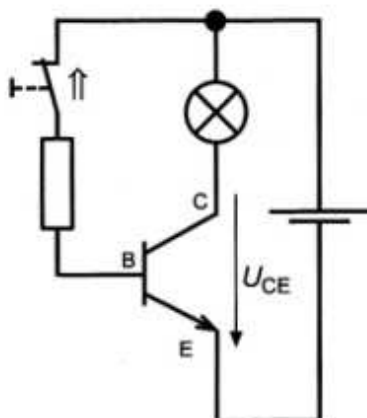
$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{80 \text{ mA}}{0,25 \text{ mA}} = 320$$

➡ Mały prąd bazy steruje dużym prądem kolektora.

Spadek napięcia w tranzystorze w stanie przewodzenia (rys. 5.54)

U_{CE} – napięcie pomiędzy kolektorem i emiterem

$$U_{CE} \approx 0,29 \text{ V}$$



Rys. 5.54

Spadek napięcia w przewodzącym tranzystorze

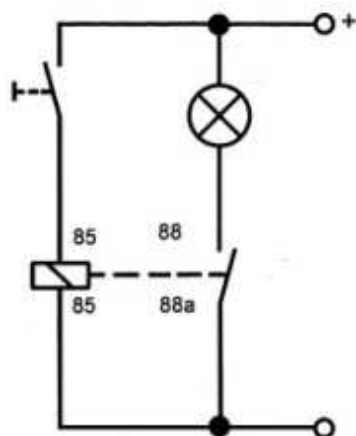
Tranzystor jest w stanie przewodzenia, to znaczy obwód kolektor-emiter przewodzi prąd; w idealnym złączu spadek napięcia powinien wynosić 0 V.

➡ W tranzystorze w stanie przewodzenia występuje spadek napięcia w obwodzie kolektor-emiter, który powoduje nagrzewanie się tranzystora.

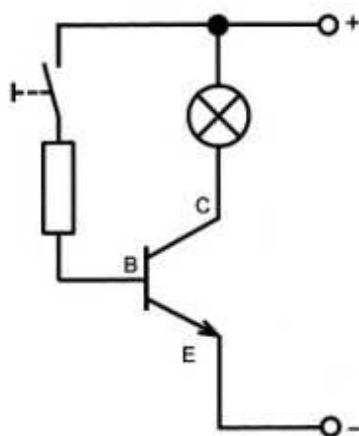
5.5.2. Porównanie tranzystora z przekaźnikiem

Tablica 5.2.

Zalety	
Przekaźnik	Tranzystor
☐ Nieczuły na krótkie przepięcia, dlatego idealny do włączania świateł z powodu wysokiego prądu włączania żarówki (zachowanie jak PTC). ☐ Bardzo mały spadek napięcia na zamkniętych zestykach roboczych, stąd znikome straty i niewielkie nagrzewanie się. ☐ Prawie nieczuły na temperaturę.	☐ Prawie się nie zużywa. ☐ Potrzebne są bardzo małe prądy sterujące. ☐ Możliwa jest duża częstotliwość przełączeń, np. przy zapłonie tranzystorowym. ☐ Odporny na drgania.
Wady	
☐ Możliwa ograniczona częstotliwość włączeń. ☐ Zużywanie się styków. ☐ Przy wyłączeniu przekaźnika powstają napięcia indukcyjne w cewce.	☐ Wrażliwy na temperaturę. ☐ Wrażliwy na przepięcia. ☐ Wrażliwy na piki prądu. ☐ Spadek napięcia na włączonym tranzystorze prowadzi do nagrzewania się (konieczność chłodzenia).

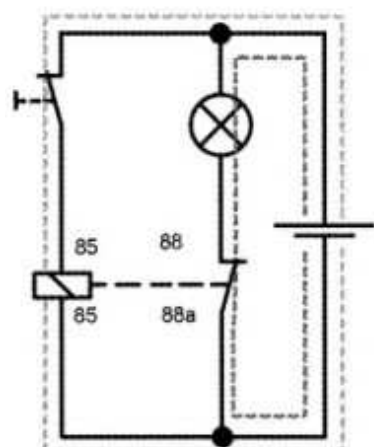


Rys. 5.55
Przełącznik jako wyłącznik

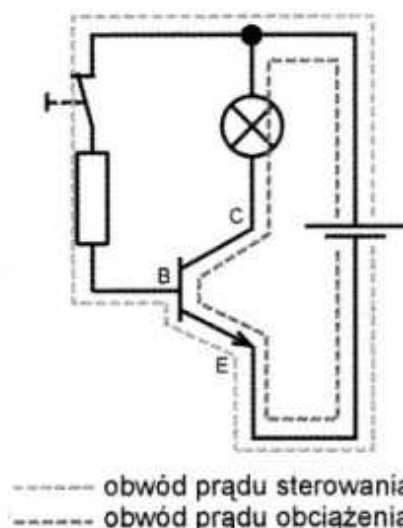


Rys. 5.56
Tranzystor jako wyłącznik

Prąd sterowania i prąd obciążenia (rys. 5.57 i 5.58)



Rys. 5.57
Prąd sterowania i prąd obciążenia przełącznika

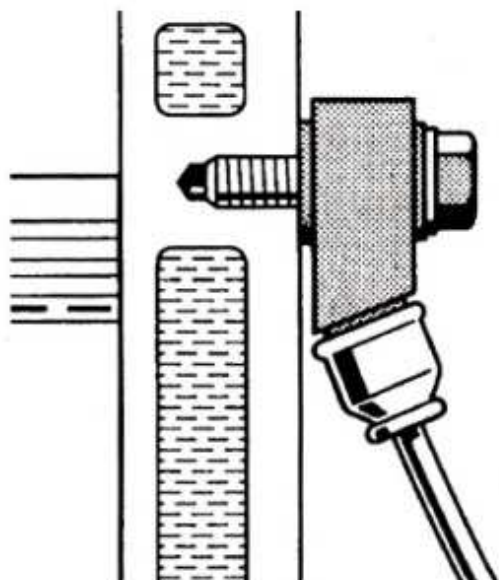


Rys. 5.58
Prąd sterowania i prąd obciążenia tranzystora

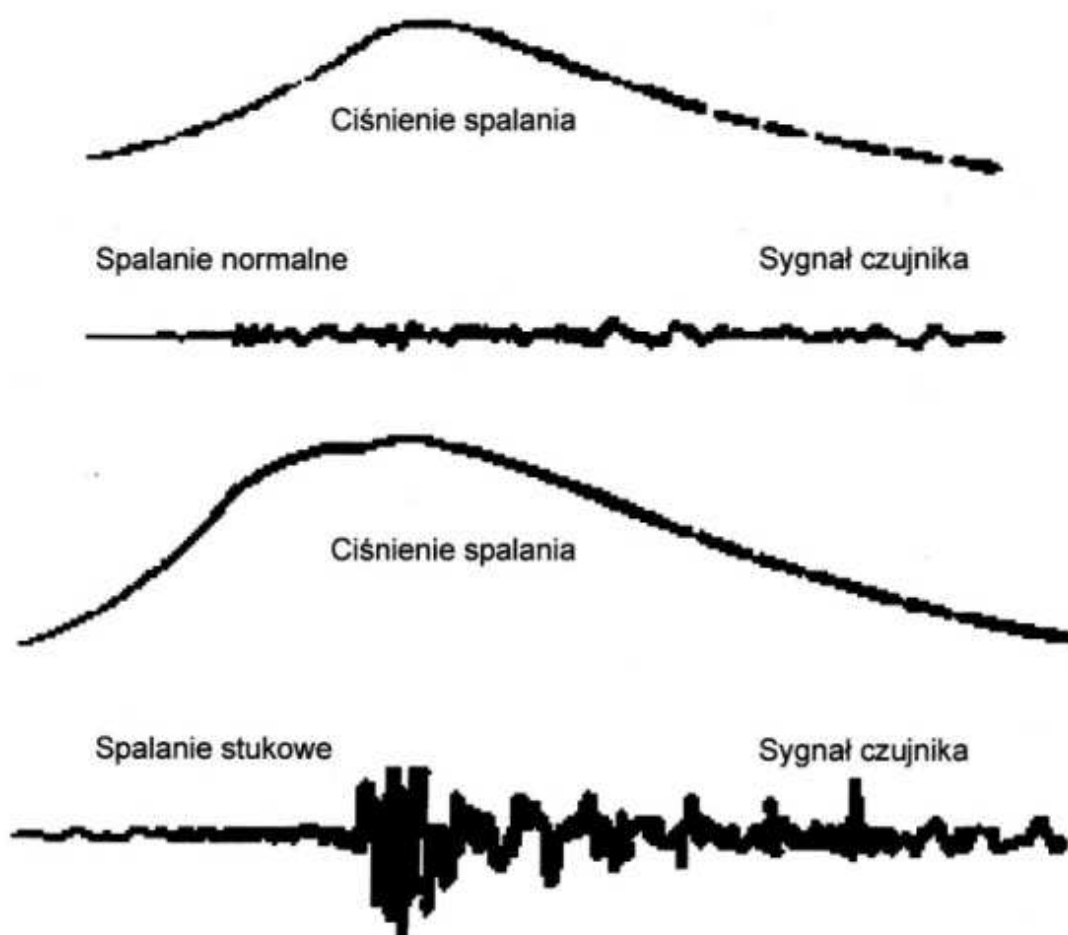
➡ *Mały prąd sterowania steruje dużym prądem obciążenia.*

5.5.3. Tranzystor jako wzmacniacz

Do regulacji przeciwdetonacyjnej w silnikach o zapłonie iskrowym, wykorzystuje się czujniki (tzw. czujniki spalania stukowego), które odbierają drgania towarzyszące spalaniu detonacyjnemu i przekazują odpowiednie sygnały do urządzenia sterującego w celu ich analizy (rys. 5.59 i 5.60). Piezoelektryczny czujnik spalania stukowego przy prawidłowej pracy silnika wysyła bardzo słabe sygnały, które w urządzeniu sterującym są wzmacniane i analizowane. Do wzmocnienia takich słabych sygnałów można zastosować tranzystory.

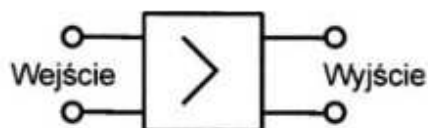


Rys. 5.59
Umieszczenie czujnika spalania stukowego
w kadłubie silnika



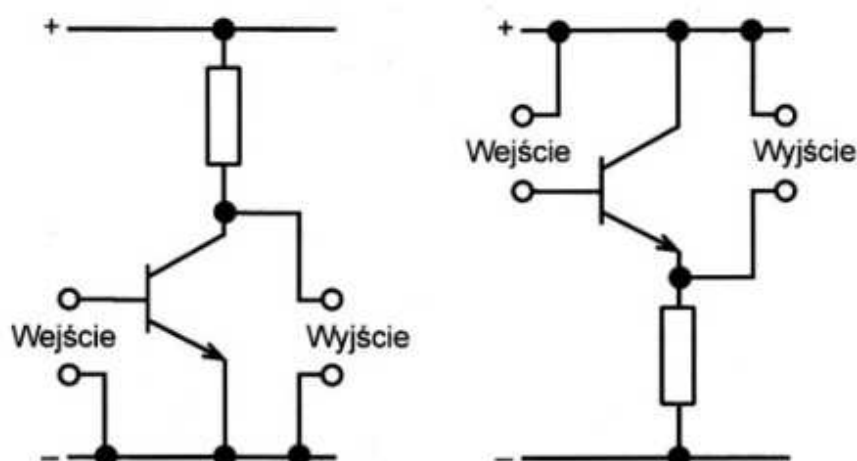
Rys. 5.60
Sygnały czujnika spalania stukowego

Wzmacniacz wymaga dwóch zacisków wejściowych i dwóch wyjściowych (rys. 5.61). Jeżeli będzie zastosowany jeden tranzystor, wtedy jedno z jego trzech przyłączy należy wykorzystać jednocześnie jako wejście i wyjście wzmacniacza.



Rys. 5.61
Schemat połączeń wzmacniacza

Z powodu wspólnego przyłącza powstało określenie takich układów połączeń. Najczęściej stosowane w samochodach są połączenia o wspólnym emiterze, a także jedna z form połączeń o wspólnym kolektorze, zwane wtórnikami emiterowymi (rys. 5.62).



Rys. 5.62
Dwa najważniejsze układy połączeń tranzystorów

5.5.4. Współczynnik trwania impulsu

Problem

Odbiornik (np. żarówka) nie powinien pracować z pełną mocą.

Rozwiązanie

A – przed żarówką zostaje szeregowo podłączony rezystor (rys. 5.63a).

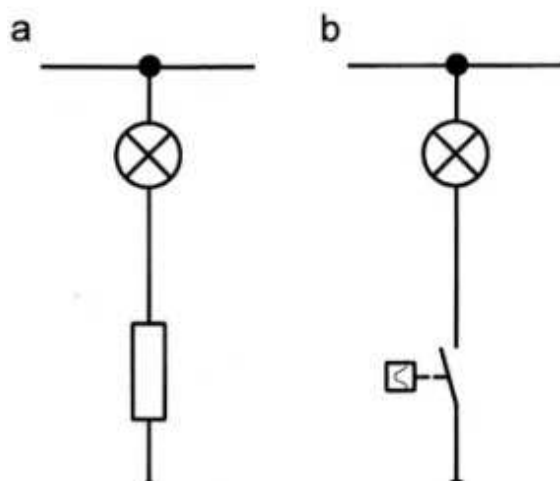
Wada: spadek napięcia na rezystorze. Tracona przez to moc musi zostać odprowadzona na zewnątrz w postaci ciepła.

Zastosowanie: Stopniowe włączanie dmuchawy układu przewietrzania w samochodach Mercedes i Opel.

B – za pomocą elektronicznego zestyku (rys. 5.63b) żarówka jest włączana i wyłączana tak szybko, że oko ludzkie nie jest w stanie tego zarejestrować.

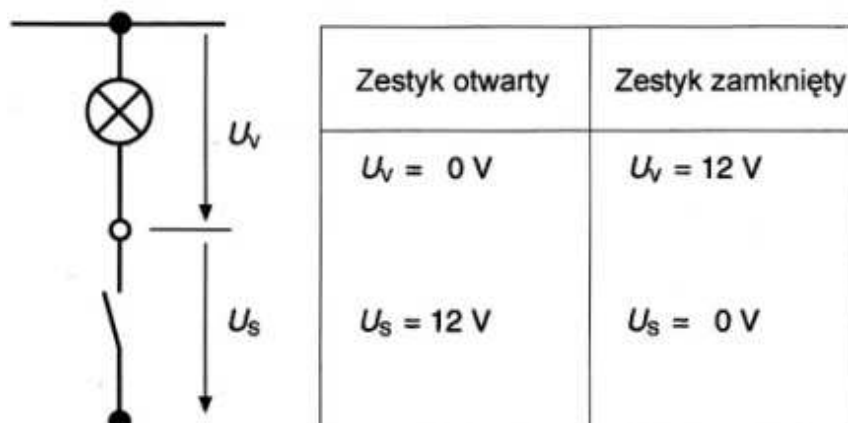
Zaleta: nie dochodzi do strat mocy.

Zastosowanie: regulator prędkości obrotowej biegu jałowego, zawór przewietrzania zbiornika paliwa itd.

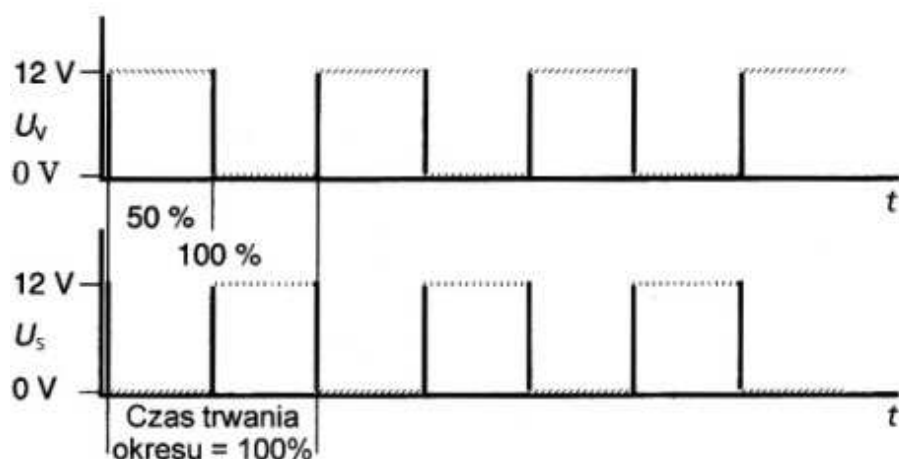


Rys. 5.63
Możliwość sterowania odbiornika

➔ Stosunek czasu włączenia napięcia odbiornika U_V do czasu trwania okresu T jest nazywany współczynnikiem trwania impulsu (rys. 5.64 i 5.65).



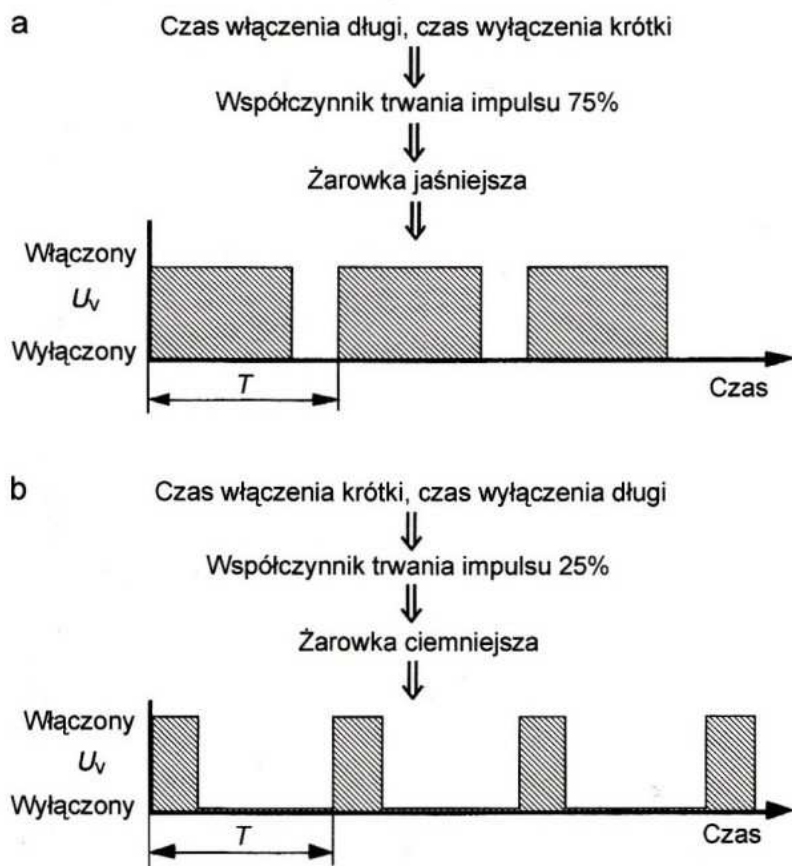
Rys. 5.64
Współczynnik trwania impulsu



Rys. 5.65
Zależność napięcia na zestyku od napięcia odbiornika

Włączanie i wyłączanie następuje tak szybko, że zmiany nie są rejestrowane przez ludzkie oko. W samochodowych układach połączeń występuje zazwyczaj częstotliwość 100 Hz. Odpowiada to czasowi trwania jednego okresu $= 0,1 \text{ s}$.

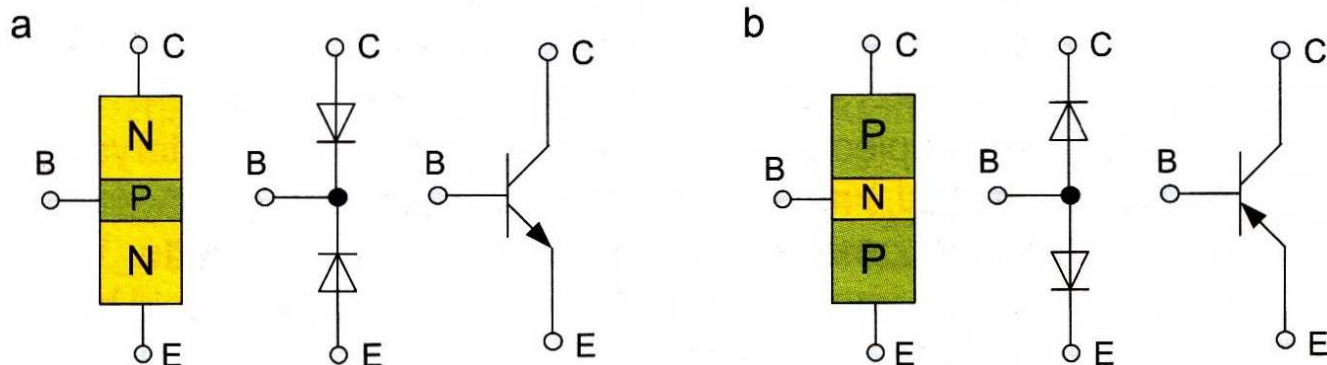
➡ **Przykład regulacji jasności światła przez zmianę współczynnika trwania impulsu przedstawiono na rysunku 5.66.**



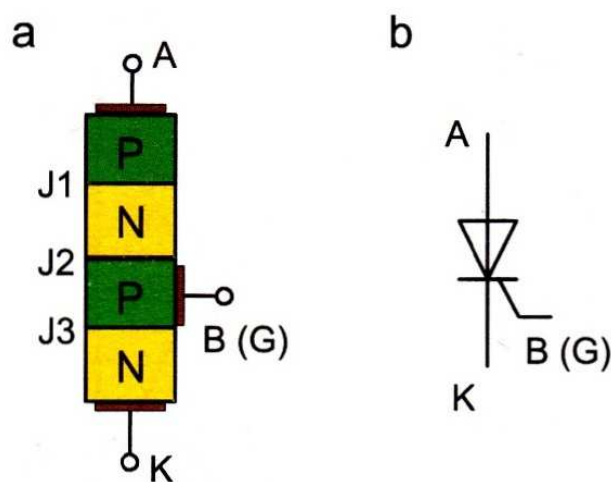
Rys. 5.66
Przykłady sterowania jasnością
w wyniku zmiany współczynnika
trwania impulsu

Rodzaje tranzystorów bipolarnych:

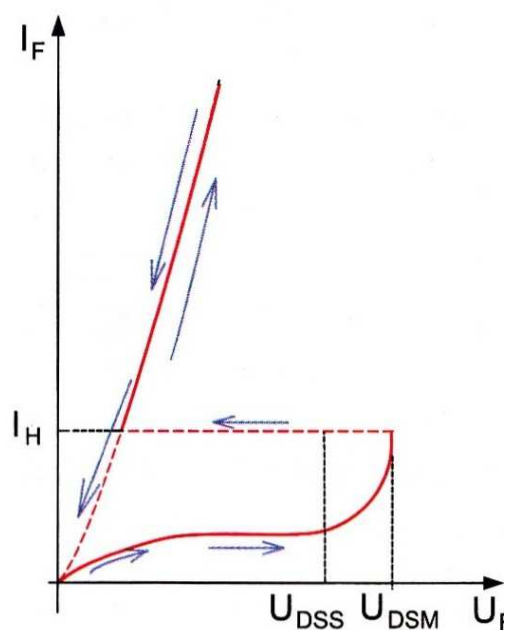
- a) n-p-n
- b) p-n-p



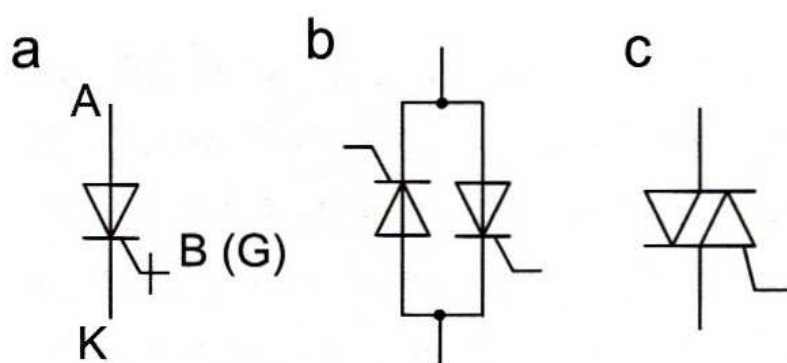
Tyristor a) struktura b) symbol graficzny



Charakterystyka tyristora $I_F = f(U_F)$



Symbole graficzne: a) tyristora b) układu odwrotnie równoległego c) triaka



Fototranzystor (symbol)



Transoptor (symbol graficzny oraz sposób zasilania)

