

## Tranzystor jako klucz elektroniczny - Ćwiczenie 12

### 1. Cel ćwiczenia

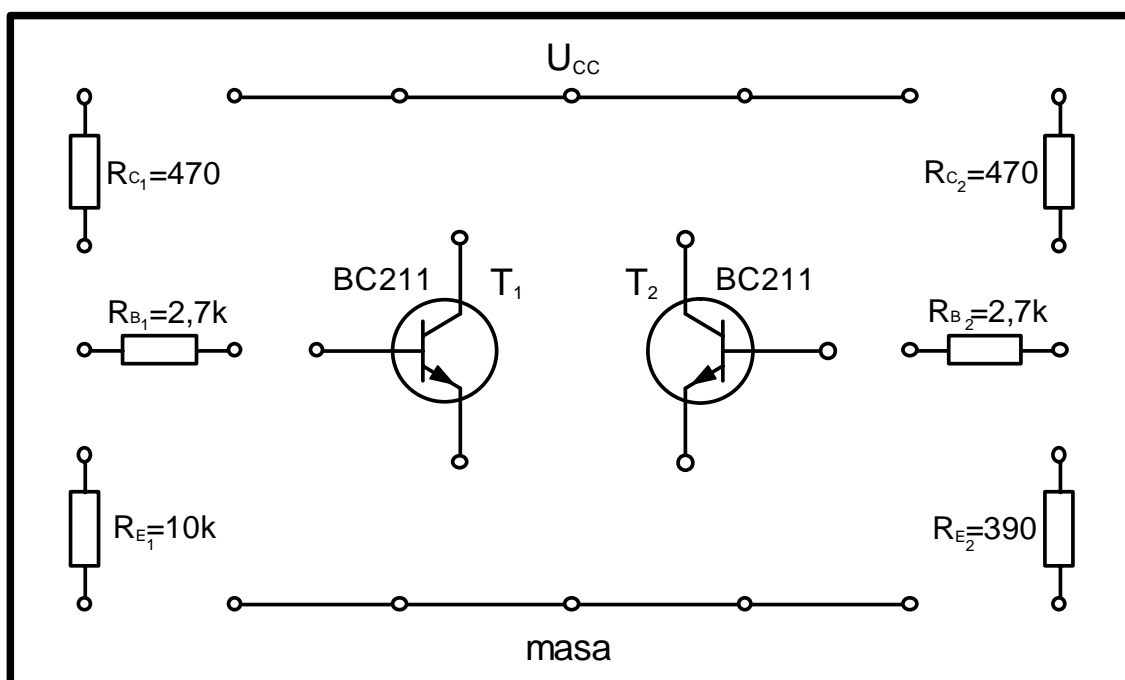
Zapoznanie się z podstawowymi układami pracy tranzystora bipolarnego jako klucza elektronicznego. Bramki logiczne realizowane w technice **RTL** (Resistor Transistor Logic). Przerzutnik astabilny (multiwibrator) - zasada działania.

### 2. Wykaz przyrządów

- zasilacz programowany,
- woltomierz cyfrowy,
- oscyloskop 2-kanałowy z pamięcią,

### 3. Przedmiot badań

- płytka montażowa z tranzystorami i rezystorami, pokazana na rysunku 1.
- płytka montażowa do badania przerzutnika astabilnego



Rys.1. Płytkę montażowa

### 4. Wprowadzenie teoretyczne

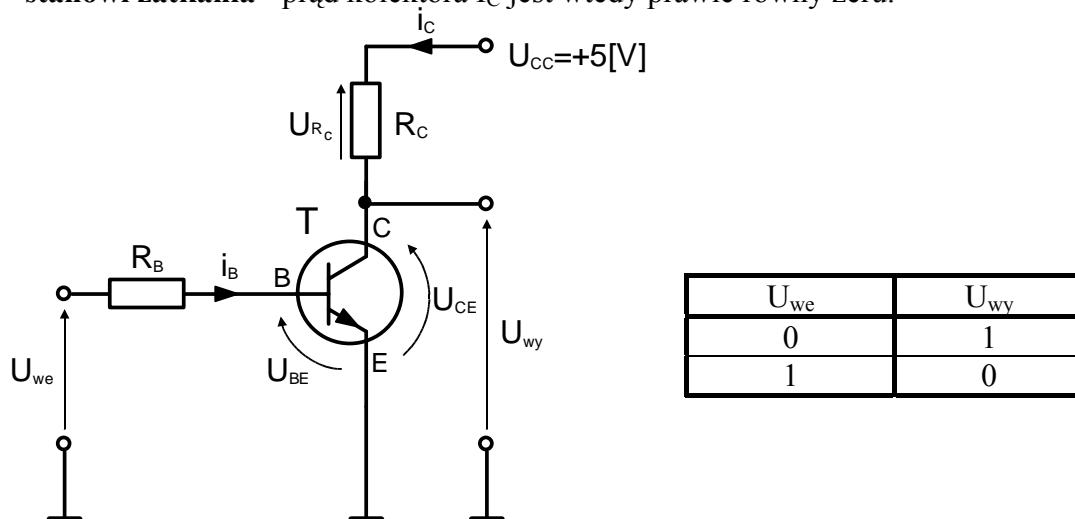
**Bramki RTL** charakteryzuje prosta konstrukcja, co jest ich podstawową zaletą. Zasadniczą ich wadą jest jednak mała odporność na zakłócenia. Baza każdego tranzystora jest bezpośrednio dostępna dla sygnałów zakłócających. Ze względu na jednostopniowy charakter wzmacniacza bramek, układy RTL cechuje nieduża obciążalność.

Podstawowe dane techniczne bramek RTL zestawiono w poniższej tabeli:

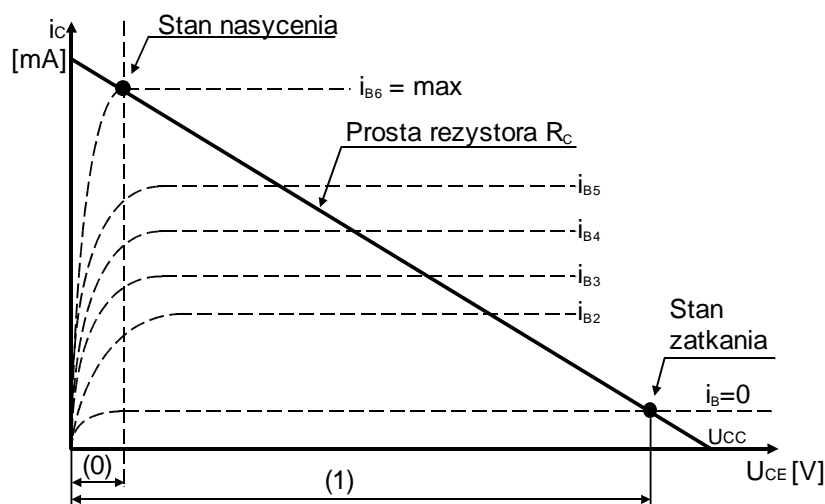
zasilanie	do 24 V
poziom logicznego „zera” (0)	< 0,3 V
poziom logicznej „jedynek” (1)	5 ÷ 24 V
czas propagacji bramki	≤ 2 μs
moc strat	40 ÷ 100 mW

Podstawowym układem w technice RTL, w którym wykorzystuje się tranzystor bipolarny jako element logiczny, jest bramka NOT (inwerter), której schemat ideowy oraz tabelę stanów logicznych pokazano na rysunku 2. Punkt pracy tranzystora w tym układzie przyjmuje na charakterystyce  $I_C = f(U_{wy})$ , pokazanej na rysunku 3, jedno z dwóch ściśle określonych położeń. Odpowiadają one odpowiednio:

- **stanowi nasycenia** - przez tranzystor przepływa wtedy maksymalny prąd kolektora  $I_C$  wynikający z wartości  $R_C$  ( $I_C = \frac{U_{CC} - U_{CE}}{R_C}$ ) oraz
- **stanowi zatkania** - prąd kolektora  $I_C$  jest wtedy prawie równy zeru.



Rys.2. Schemat ideowy i tabela stanów logicznych bramki NOT



Rys.3. Charakterystyki wyjściowe tranzystora

Rozpatrzmy dokładnie wspomniane dwa stany pracy tranzystora:

✓ stan nasycenia:

- na wejście układu z rysunku 2 podajemy „jedynkę” logiczną (1), czyli  $U_{WE} = 5V$ ,
- złącze baza-emiter tranzystora T jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia ( $U_{BE} \approx 0,7V$ ),
- płynie prąd bazy  $I_B$ , zależny od wartości rezystora  $R_B$   $\left( I_B = \frac{U_{WE} - U_{BE}}{R_B} \right)$ ,
- tranzystor silnie przewodzi, aż do nasycenia (prąd kolektora  $I_C > \beta I_B$ , gdzie  $\beta$  - wsp. wzmocnienia tranzystora),
- na rezystorze  $R_C$  odkłada się napięcie  $U_{Rc}$ , równe w przybliżeniu napięciu zasilającemu  $U_{CC}$  (ponieważ napięcie  $U_{CE}$  w nasyceniu ma znikomo małą wartość ok. 0,2V),
- napięcie wyjściowe:  

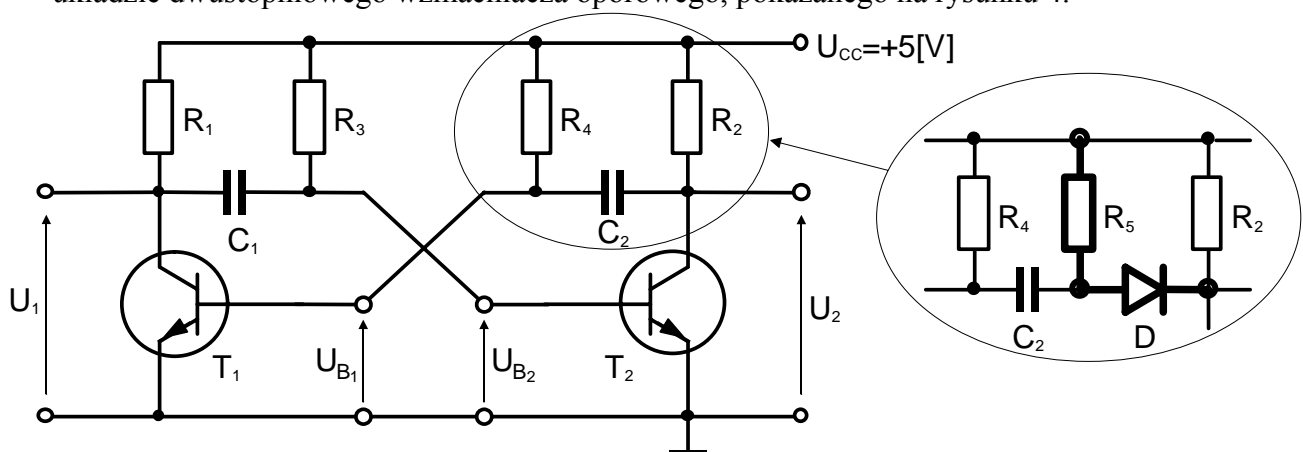
$$U_{WY} = U_{CC} - U_{Rc}, \text{ a więc } U_{WY} = U_{CE} \approx 0,$$
czyli na wyjściu pojawia się „zero” logiczne (0).

✓ stan zatkania:

- na wejście układu z rysunku 2 podajemy „zero” logiczne (0), czyli  $U_{WE} = 0V$ ,
- złącze baza-emiter tranzystora T nie jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia,
- prąd bazy  $I_B = 0$ ,
- tranzystor nie przewodzi prądu  $I_C \approx 0$  (w szczególności płynie znikomo mały prąd blokowania),
- napięcie na rezystorze  $R_C$  jest w przybliżeniu równe zero ( $U_{Rc} \approx 0$ ),
- napięcie wyjściowe:  

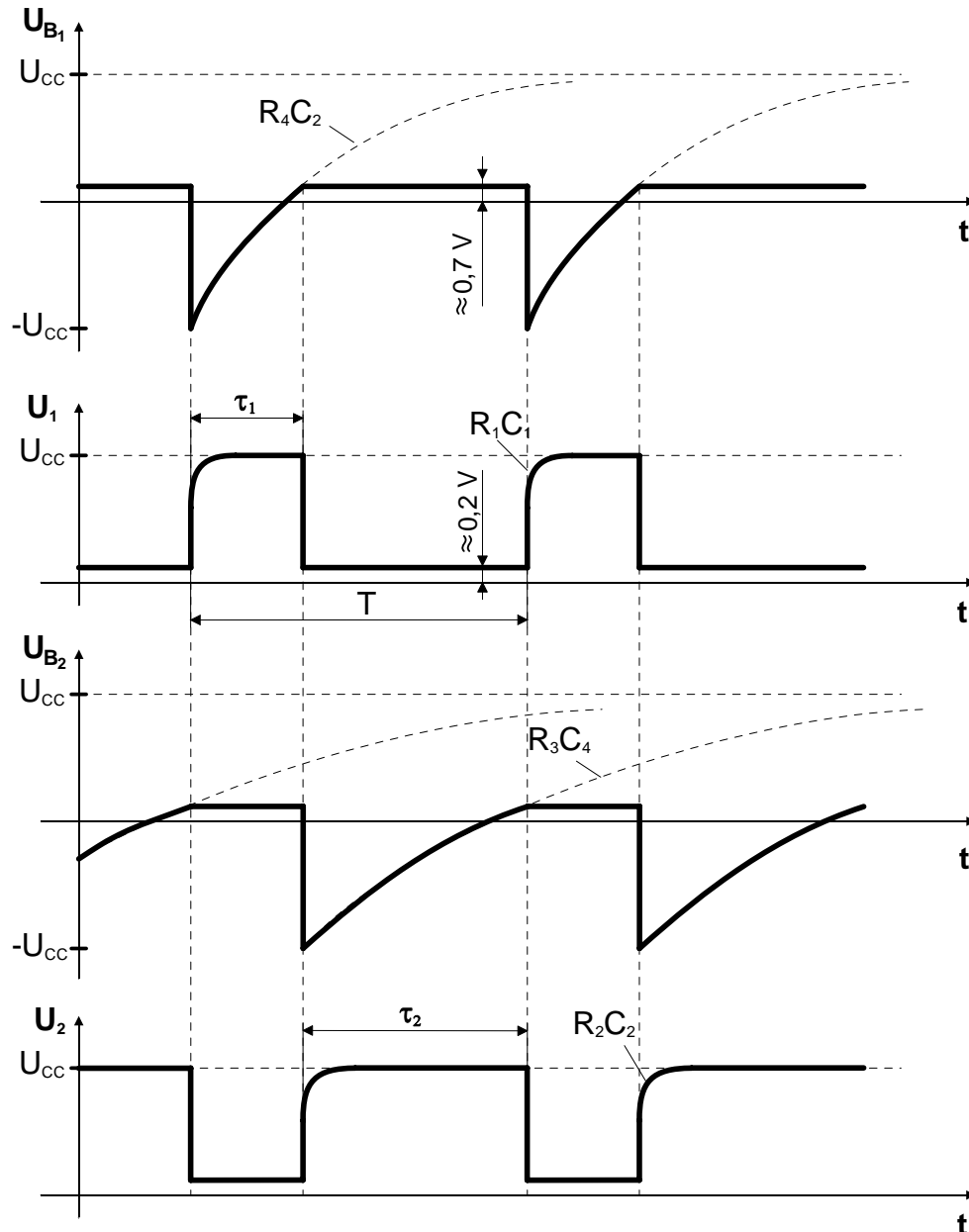
$$U_{WY} = U_{CC} - U_{Rc}, \text{ a więc } U_{WY} = U_{CE} \approx U_{CC},$$
czyli na wyjściu pojawia się „jedynka” logiczna (1).

**Przerzutniki astabilne** działają na zasadzie dodatniego sprzężenia zwrotnego w układzie dwustopniowego wzmacniacza oporowego, pokazanego na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat ideowy przerzutnika astabilnego zbudowanego z elementów dyskretnych

Oba elementy wzmacniające (tranzystory) pracują na przemian bądź w stanie nasycenia bądź w stanie zatkania, dlatego napięcia otrzymywane na obu wyjściach przerzutnika są odwrócone względem siebie o  $180^\circ$ . Istnienia dodatniego sprzężenia zwrotnego powoduje, że przeskoki punktów pracy tranzystorów są bardzo szybkie, zależą tylko od górnej częstotliwości granicznej tranzystorów i dlatego nazywane są przerzutami. Dzięki szybkim przerzutom zmiany napięć wyjściowych w czasie są prawie prostokątne. Przerzutniki astabilne (multiwibratory) samoczynnie wytwarzają więc ciąg impulsów prostokątnych, jak pokazano na rysunku 5, zwany falą prostokątną.



Rys. 5. Przebiegi napięć w przerzutniku astabilnym, przy założeniu, że:  $\tau_2 = 2\tau_1$

Okres drgań przerzutnika astabilnego zależy od elementów sprzężenia zwrotnego wg wzoru:

$$T = \tau_1 + \tau_2$$

gdzie:  $\tau_1 = 0,7R_4C_2$ ,  $\tau_2 = 0,7R_3C_1$ , czyli

$$T = 0,7(R_4 C_2 + R_3 C_1)$$

Jeżeli chcemy otrzymać drgania symetryczne ( $\tau_1 = \tau_2$ ) to przerzutnik musi być symetryczny, a więc  $R_1=R_2$ ,  $R_3=R_4$ ,  $C_1=C_2$ .

Wadą omawianego przerzutnika jest powolne narastanie napięcia wyjściowego spowodowane ładowaniem kondensatorów przez rezystancje kolektorowe  $R_1$  i  $R_2$ . Można tę wadę usunąć przez włączenie diody  $D$  i rezystora  $R_5$  w obwód ładowania kondensatora  $C$  (uzupełnienie rysunku 4).

## 5. Przebieg ćwiczenia

### 5.1. Badanie bramek logicznych RTL

- wykorzystując płytkę montażową zbudować kolejno układy pomiarowe dla każdej badanej bramki wg schematów ideowych pokazanych na rysunkach 6, 7a, 7b, 8, 9 i 10,
- podłączyć woltmierz cyfrowy na wyjściu badanej bramki,
- po sprawdzeniu poprawności montażu podłączyć do układu napięcie  $U_{CC}=+5V$  z zasilacza programowanego,
- uzupełnić podaną poniżej tabelę stanów logicznych podając na wejścia badanej bramki określone kombinacje zer i jedynek oraz mierząc napięcie wyjściowe za pomocą woltmierza,
- zeru logicznemu (0) odpowiada napięcie o wartości ok. 0V, natomiast jedynce logicznej (1) odpowiada napięcie o wartości ok. 5V.

Tabela stanów logicznych badanej bramki

$U_{we1}$	$U_{we2}$	$U_{wy}$ [V]	$U_{wy}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

### 5.2. Badanie przerzutnika astabilnego (multiwibratora)

- wykorzystując płytkę montażową skonfigurować układ dla wybranych wartości rezystorów i kondensatorów, wg schematu pokazanego na rysunku 4,
- po sprawdzeniu poprawności połączeń zasilić układ napięciem  $U_{CC} = +5V$ ,
- przy pomocy oscyloskopu zaobserwować i zapamiętać przebiegi napięć na obu wyjściach przerzutnika,
- dokonując kolejno zmian wartości: rezystora  $R_1$ , potem rezystora  $R_3$ , a następnie kondensatora  $C_1$ , zaobserwować (dla każdej zmiany osobno) ich wpływ na kształt i okres generowanych przebiegów wyjściowych,
- zarejestrować otrzymane z przebiegi, wykorzystując do tego celu komputer z przygotowanym oprogramowaniem,
- wyznaczyć okres generowanych drgań wg wzoru:

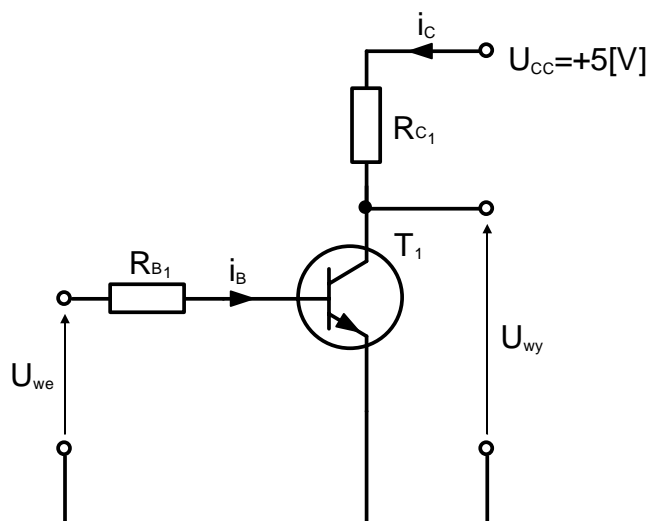
$$T = 0,7(R_4 C_2 + R_3 C_1)$$

a następnie porównać otrzymany wynik z okresem zmierzonym przy pomocy oscyloskopu.

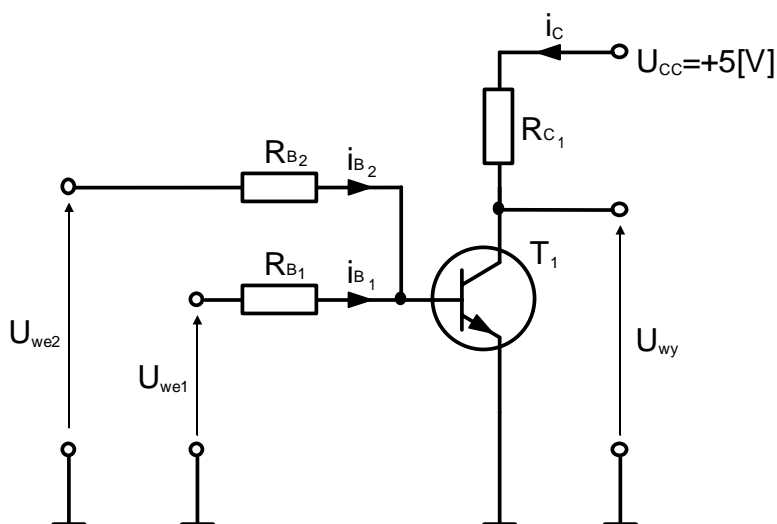
## 6. Sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów należy przygotować sprawozdanie, które powinno zawierać: zrealizowane na zajęciach struktury bramek wraz z ich tabelami stanów logicznych, opis działania wybranej bramki dla dwóch różnych stanów na jej wyjściu, przebiegi sygnałów wyjściowych i obliczenia okresu generowanych drgań dla przerzutnika astabilnego oraz wnioski końcowe.

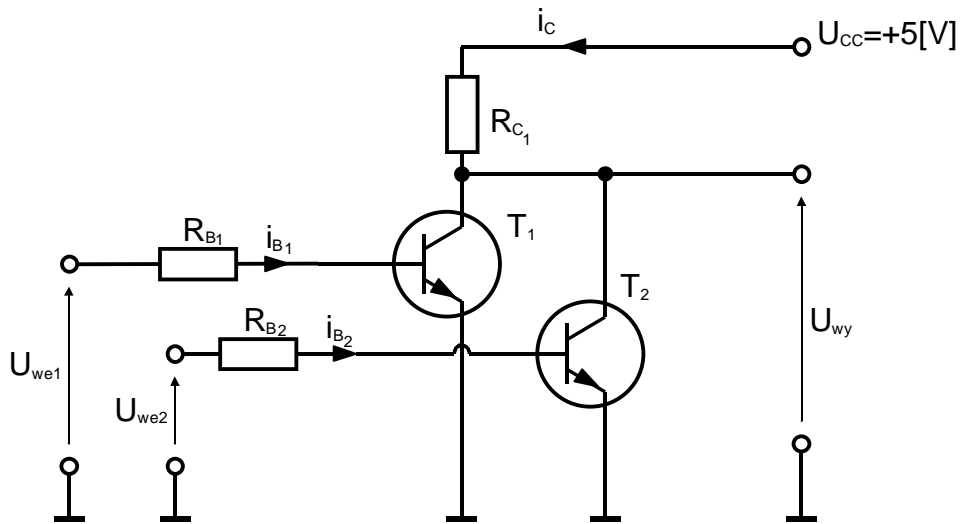
## 7. Schematy ideowe badanych bramek



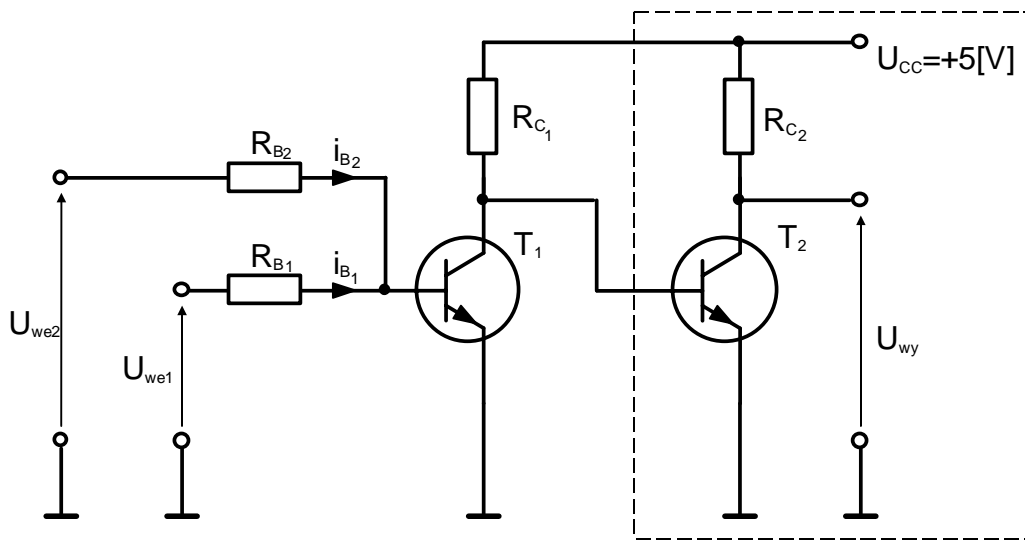
Rys.6. Bramka NOT



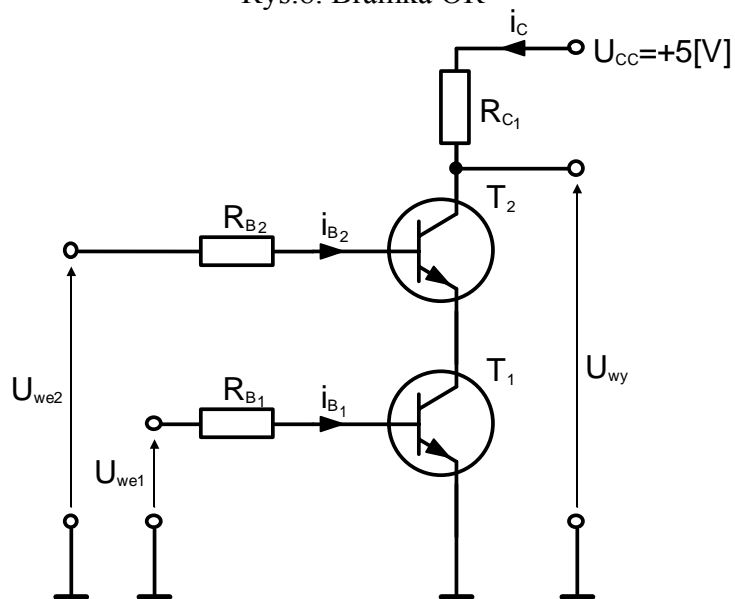
Rys.7a. Bramka NOR



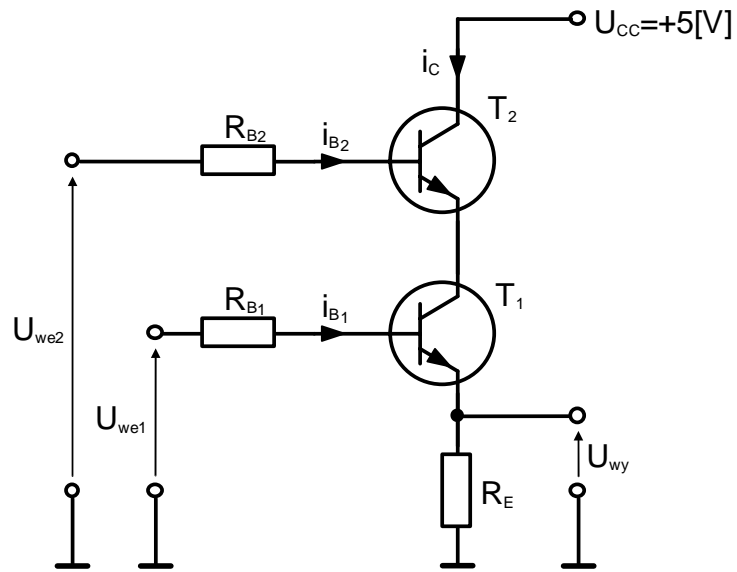
Rys.7b. Bramka NOR (druga wersja)



Rys.8. Bramka OR



Rys.9. Bramka NAND



Rys. 10. Bramka AND