

TM1: Instrukcja (tranzystor jako klucz)

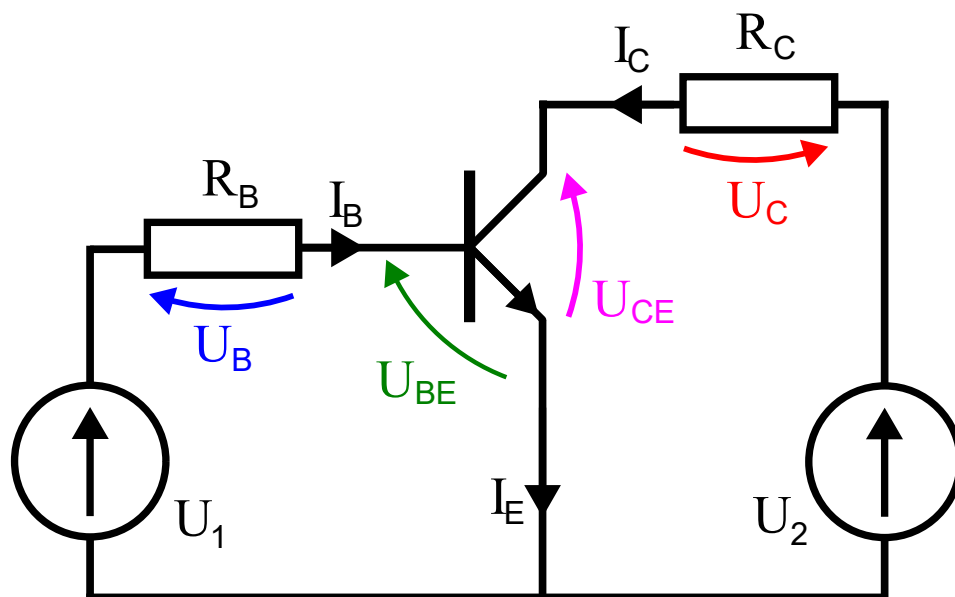
8 — 11 minut

I Przygotowanie stanowiska do zajęć

1. Sprawdzić czy na stanowisku znajduje się kompletny zestaw laboratoryjny (zgodnie z listą naklejoną na stołach).
2. Ustawić zasilacze w trybie „Independent”, dzięki czemu kanały będą pracować niezależnie
3. Ustawić napięcie na pierwszym kanale zasilacza na 5 V a na drugim na 10 V.
4. Ustawić **ograniczenia prądowe na obu kanałach na 0,01 A**.
Trzeba to zrobić w stanie zwarcia dla każdego z kanałów z osobna.

II Pomiar parametru beta tranzystora bipolarnego npn

Przed zaczęciem tego ćwiczenia musimy wyznaczyć współczynnik β tranzystora dla którego będziemy przeprowadzać następne pomiary. By to zrobić trzeba zmontować poniższy układ do pomiaru parametru β tranzystora przedstawiony na rysunku 1. Należy założyć następujące parametry: $U_1 = 10\text{ V}$, $U_2 = 10\text{ V}$, $R_B = 100\text{ k}\Omega$ i $R_C = 100\text{ }\Omega$. Na podstawie pomiaru napięcia (z dokładnością 0,01 V) na rezystorze R_B i R_C , obliczyć współczynnik β tranzystora. Oczywiście konieczne jest tu też uwzględnienie rzeczywistej (zmierzonej) wartości rezystancji obu rezystorów.



Rys 1. Układ do pomiaru parametru β tranzystora

UWAGA Przy wpinaniu tranzystora do gniazda na płytce należy sprawdzić czy kolejność jego wyprowadzeń zgadza się z oznaczeniami na płytce. Można to zrobić posiłkując się notą katalogową tranzystora (jego oznaczenie można znaleźć na obudowie).

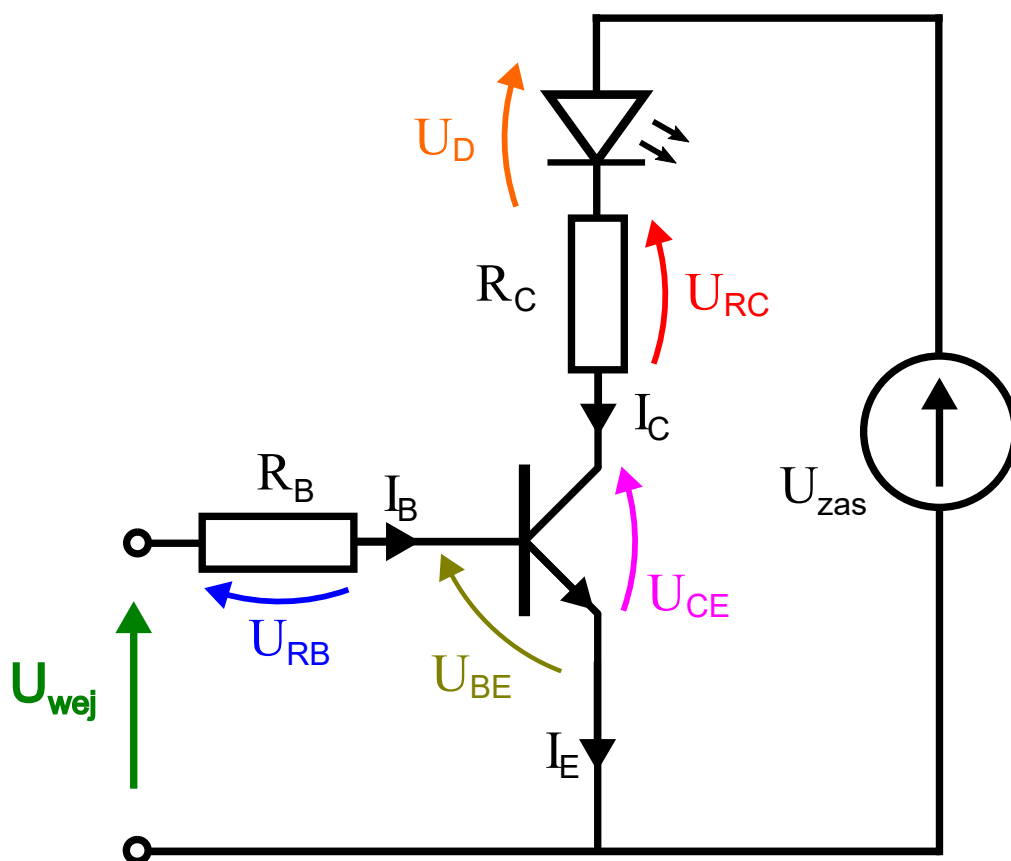
DO SPRAWOZDANIA

Tym razem pomiar współczynnika β nie musi być uwzględniony , dokonujemy go tylko po to, by móc wykonać dalszą część ćwiczenia. Należy jednak zanotować jego wartość.

III Tranzystor bipolarny npn pracujący jako klucz (obliczenia)

W tej części ćwiczenia sprawdzimy jak za pomocą tranzystora npn można kluczować element wykonawczy. W tym przypadku będzie nim dioda LED, byśmy mogli łatwo zaobserwować działanie klucza. Klucz taki pozwoli nam za pomocą napięcia sterującego U_{wej} ,

pobierając niewiele prądu z elementu sterującego (w naszym przypadku będzie to generator). Dioda LED będzie zasilana z oddzielnego źródła o innym, stałym, napięciu z którego będzie pobierać stosunkowo większy prąd. Rysunek 1 przedstawia układ który będziemy badać.



Rys 2. Klucz tranzystorowy sterujący diodą LED.

Wartości rezystora R_C należy dobrać samodzielnie czyniąc kilka założeń:

- $U_{zas} = 10 \text{ V}$.
- Dla tranzystora w stanie nasycenia $U_{CE(sat)} = 0,2 \text{ V}$ (nie jest to wartość dokładna, ale w tym przypadku takie przybliżenie powinno wystarczyć).
- Spadek napięcia na diodzie U_D jest zależny od koloru diody. Najwygodniej będzie wybrać diodę LED o kolorze który badali

państwo w pierwszej serii ćwiczeń ([Sprawozdanie - podstawy](#)) i sprawdzić jakie było napięcie przewodzenia diody. W przeciwnym razie można odszukać napięcie przewodzenia dla diody o wybranym kolorze w notach katalogowych.

- Znając napięcie na rezystorze $U_{RC} = U_{zas} - U_{CE(sat)} - U_D$, oraz zakładając że chcemy by prąd płynący przez diodę dla wysokiego stanu wejścia był równy $I_C = 10 \text{ mA}$ możemy teraz wyliczyć wartość R_C .

Wartość rezystora R_B należy dobrać zakładając że:

- U_{wej} będzie falą prostokątną (pulse) podawaną z generatora o poziomie wysokim 5 V i niskim 0 V. Oczywiście obliczenia wartości rezystorów należy przeprowadzić dla stanu wysokiego.
- Dla tranzystora w stanie nasycenia $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$.
- Będziemy badać trzy przypadki o różnych wartościach rezystora R_B . Pierwszy zakłada, że tranzystor działa jeszcze w liniowej części charakterystyki: $I_{B1} = I_C \beta$. Drugi, że tranzystor jest w stanie nasycenia: $I_{B2} = 2 I_C \beta$. Trzeci, że tranzystor nie jest w stanie jeszcze głębszego nasycenia, o zprądzie bazy $I_{B3} = 4 I_C \beta$.

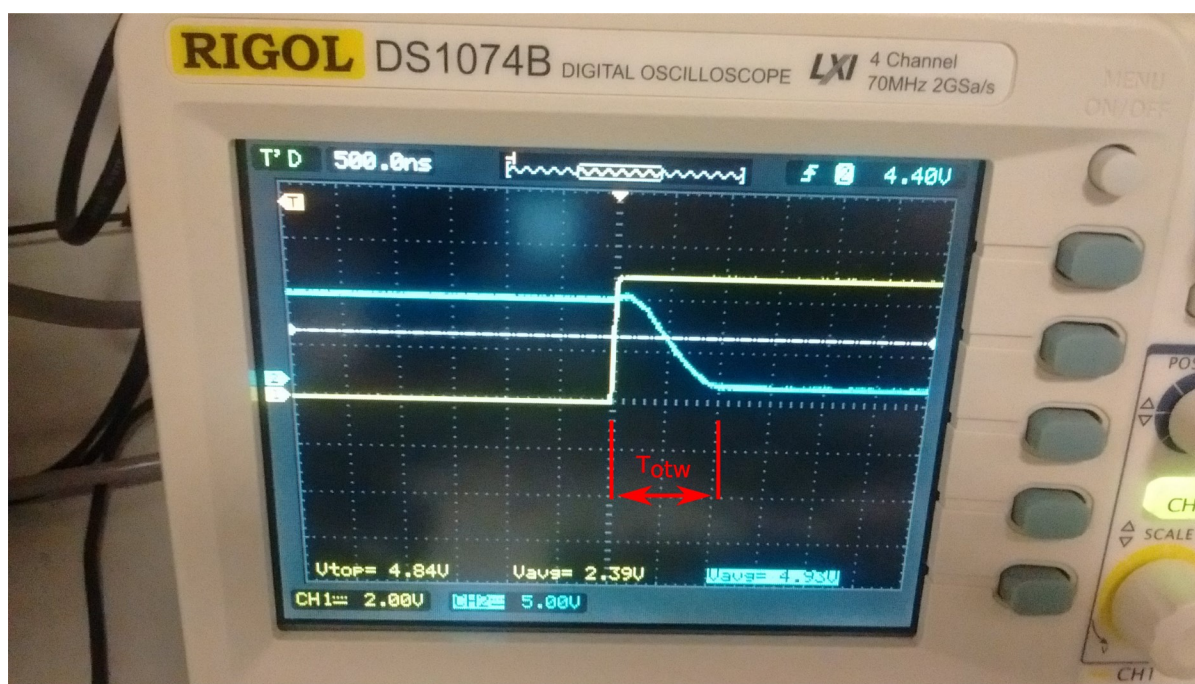
IV Tranzystor bipolarny npn pracujący jako klucz (pomiar)

Przedstawione w tej sekcji pomiary należy przeprowadzić trzy razy (dla każdego z przypadków założonym w powyższym rozdziale instrukcji, dla I_{B1} , I_{B2} , I_{B3}). Za każdym razem zestawiamy układ z rysunku 2 używając obliczonych wartości rezystorów R_B i R_C .

UWAGA Obliczenia wartości rezystorów mają w tym przypadku charakter zgrubny. Rezystor R_B można dobrać na płytce w

zakresie plus minus 20% wobec wartości wynikającej z obliczeń. Rezystor RC należy dobrać tak by prąd zawierał się w przedziale 8-12 mA.

Najpierw zmierzmy czasy otwierania i zamykania klucza U_{we} będzie falą prostokątną (pulse) podawaną z generatora o poziomie wysokim 5 V i niskim 0 V. Oscyloskop podłączymy tak, by mierzyć nim na jednym z kanałów napięcie U_{we} a na drugim U_{CE} . Następnie, należy zmierzyć za pomocą kursorów oscyloskopu (menu Cursor) czas otwierania T_{otw} i zamykania T_{zam} tranzystora. Są to czasy pomiędzy ustaleniem się odpowiednio stanu wysokiego (lub niskiego) stanu U_{we} a spadnięciem do wartości minimalnej (lub wzrostem do maksymalnej U_{CE}). Przykładowy przebieg uzyskany dla otwierającego się tranzystora przedstawiono na rysunku 2.



Rys 2. Otwieranie się klucza tranzystorowego.

Dodatkowo, należy podać na wejście stałe $U_{we} = 5\text{ V}$ i zmierzyć za pomocą multimeru napięcia U_{RB} , U_{BE} , U_{CE} i U_{RC} . Pozwoli nam to później obliczyć prąd bazy, prąd kolektora oraz moc wydzielaną na tranzystorze.

Pomiary należy odpowiednio dla każdego z trzech przypadków przesłać poprzez formularze:

- [Praca klucza npn dla IB1](#)
- [Praca klucza npn dla IB2](#)
- [Praca klucza npn dla IB3](#)

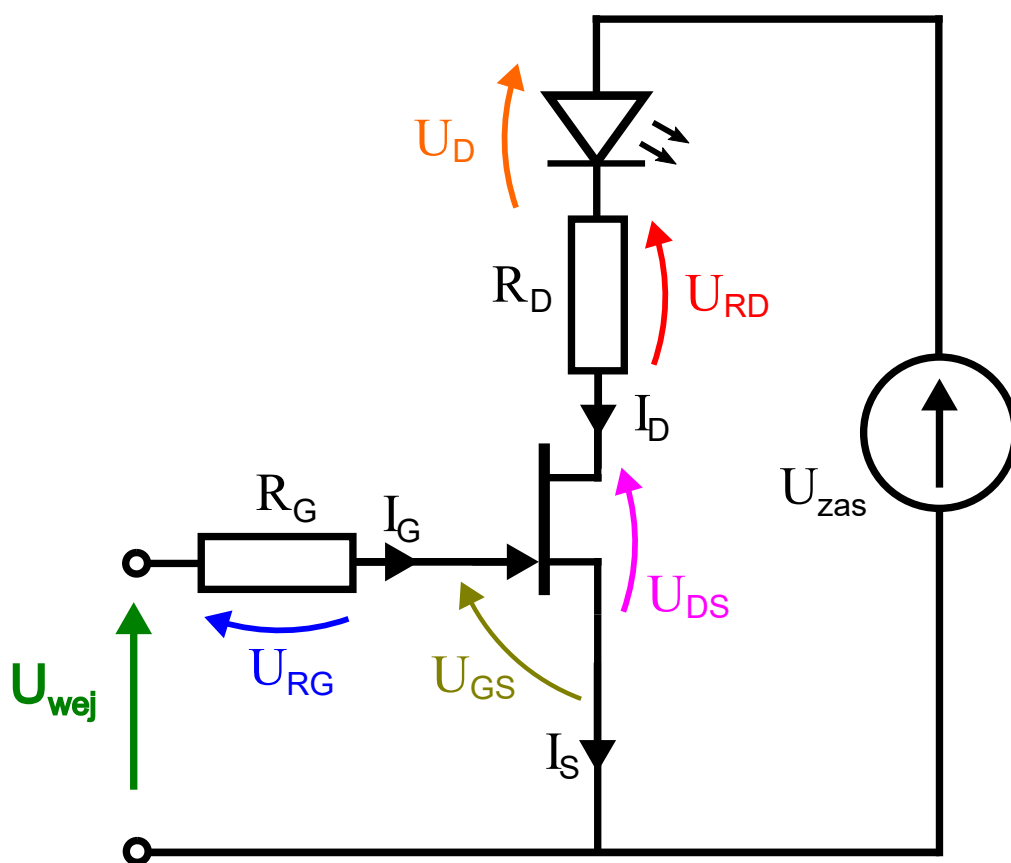
DO SPRAWOZDANIA

W sprawozdaniu należy porównać trzy przypadki (tranzystor działający w liniowej części charakterystyki wyjściowej, w stanie nasycenia i w stanie głębszego nasycenia). Porównanie powinno zawierać:

- Porównanie mocy wydzielanej na tranzystorze ($P = I_C U_{CE}$).
Należy sprawdzić w nocie katalogowej wykorzystanego tranzystora maksymalną dozwoloną moc i porównać z otrzymanym wynikiem. Dodatkowo należy na układ współrzędnych charakterystyki wyjściowej $I_C = f(U_{CE})$ nanieść trzy proste obciążenia opowiadające trzem badanym przypadkom i zaznaczyć na nich punkty w których pracowały tranzystory. Dodatkowo trzeba spróbować zgadnąć jak mogły wyglądać krzywe $I_C = f(U_{CE})$ dla każdego z przypadków (zapewne różne, ponieważ różne będą prądy bazy I_B) i naszkicować je na tym samym wykresie.
- Porównanie czasów otwarcia i zamknięcia tranzystora.
- Wnioski o tym który z tych przypadków będzie w praktyce najlepszy dla klucza tranzystorowego.

V Sterowanie sygnałem PWM kluczem wykorzystującym tranzystor J-FET

Należy zestawić układ z poniższego schematu zakładając $U_{zas} = 10V$, $R_G = 1\text{ k}\Omega$, $R_D = 1\text{ k}\Omega$. Dobrać diodę o wybranym kolorze i znaleźć jej napięcie przewodzenia w notach katalogowych (zależnie od koloru).



Rys 3. Klucz tranzystorowy wykorzystujący tranzystor J-FET.

Jako napięcie U_{wej} należy zastosować sygnał PWM podany z generatora (Pulse) spolaryzowany w ten sposób by doprowadzał na przemian do całkowitego otwarcia i całkowitego zamknięcia klucza (jakie powinny być wartości napięcia w stanie wysokim i niskim? Od jakiego parametru tranzystora zależy kiedy klucz będzie całkowicie zamknięty?). Na początku współczynnik wypełnienia należy ustawić na 50%. Następnie należy przeprowadzić obserwację zachowania diody dla różnych częstotliwości sygnału PWM począwszy od 1 Hz w górę. Należy zanotować częstotliwość przy której przestaje być widoczne

miganie diody. Następnie należy nadal podnosić częstotliwość, by sprawdzić czy dla jeszcze wyższych częstotliwości uda się zaobserwować przyciemnienie diody związane z tym, że klucz nie jest w stanie się tak szybko otwierać. Należy zanotować tę częstotliwość.

Na koniec należy ustawić rozsądną częstotliwość PWM (tak by nie było widoczne miganie, ale by klucz nadążał z otwieraniem się). Teraz należy zmieniać współczynnik wypełnienia fali prostokątnej i zanotować zachowanie diody LED. Wszystkie obserwacje z tej części ćwiczenia należy krótko opisać w formularzu: [Sterowanie diodą za pomocą sygnału PWM](#).

VI Uporządkowanie stanowiska po zajęciach

Po skończonych zajęciach należy po sobie uporządkować stanowisko. Wszystkie kable (z wyjątkiem kabli wkręcanych do gniazd zaciskowych płytki laboratoryjnej) należy schludnie zwinąć i umieścić w pudełku.





Rys 4. Przewody należy zwinąć i schować do pudełka.