

KATEDRA ELEKTRONIKI AGH

LABORATORIUM
ELEMENTY ELEKTRONICZNE

PRZEŁĄCZANIE
DIOD
I TRANZYSTORÓW

REV. 1.1

1. CEL ĆWICZENIA

- obserwacja pracy diod i tranzystorów podczas przełączania,
- pomiary charakterystycznych czasów przełączania,
- wyznaczenie podstawowych parametrów dynamicznych tych elementów.

2. WYKORZYSTYWANE MODELE I ELEMENTY

W trakcie ćwiczenia wykorzystane zostaną:

- płyta prototypowa,
- zasilacz,
- oscyloskop,
- generator,
- zestaw elementów przedstawionych w Tabeli 1.

Tabela 1. Wartości elementów do wykonania ćwiczenia

diody	np.: 1N4001 i inne
tranzystor bipolarny	np.: BC 107, BC 337, BF 519 lub inny
tranzystor MOS	np.: BS 170, BS 107 lub inny
rezystory	10 Ω , 50 Ω , 100 Ω , 150 Ω , 1 k Ω , 100 k Ω , 150 k Ω

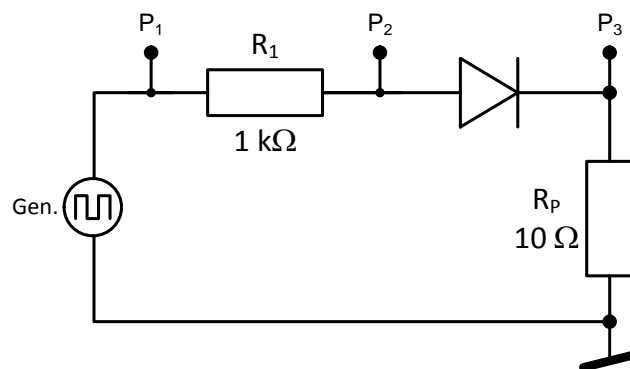
3. PRZYGOTOWANIE KONSPEKTU

- 3.1. Narysuj przebiegi czasowe napięcia i prądu diody podczas przełączania,
- 3.2. Narysuj przebiegi czasowe napięcia i prądu na bazie i kolektorze tranzystora bipolarnego w układzie WE podczas przełączania.
- 3.3. Wykorzystując rysunek [płyty stykowej NI ELVIS](#) przygotuj rysunki montażowe dla układów pomiarowych w tym ćwiczeniu.

4. PRZEBIEG ĆWICZENIA

4.1. Pomiary czasów przełączania diody

Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 1. Do punktów pomiarowych (P_1 , P_2 , P_3) podłącz oscyloskop, a na wejście generator (najlepiej zewnętrzny). Ustaw prostokątny, symetryczny sygnał wejściowy o takich parametrach, aby na ekranie oscyloskopu widoczne były efekty pracy dynamicznej diody i możliwy był pomiar czasów przełączania (np. dla diody 1N4001: częstotliwość ok. 100kHz, amplituda 10 V_{pp}, OFFSET = 0V).



Rys. 1. Schemat pomiarowy do badania przełączania diody

Naszukuj (lub zapisz na przenośnej pamięci USB) oscylogramy napięcia i prądu podczas przełączania diody.

Zmierz czasy przełączania (magazynowania t_s i opadania t_f) wybranej diody dla różnych kombinacji wartości prądów płynących przez diodę.

Zmierz spadek napięcia na diodzie w momencie wyłączenia w celu wyznaczenia rezystancji szeregowej złącza.

Powtórz pomiary dla innych diod.

UWAGA: Zmieniając amplitudę sygnału wejściowego i OFFSET w generatorze można zmieniać prądy płynące przez diodę i uzyskać wartości niesymetryczne. Pomiary czasów i napięć można wykonać wykorzystując kursory w oscyloskopie.

Wartość prądu diody można obliczyć na podstawie wartości rezystora R_p oraz spadku napięcia na nim zmierzonego za pomocą oscyloskopu.

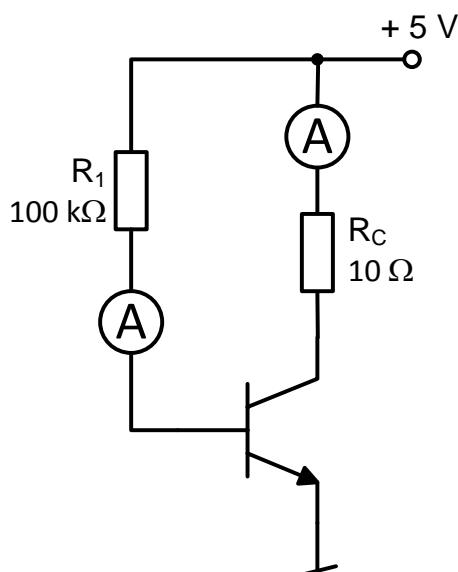
4.2. Badanie tranzystora bipolarnego w pracy dynamicznej

4.2.1. Wyznaczanie współczynnika wzmocnienia prądowego dla pracy normalnej aktywnej i inwersyjnej – β_N i β_I .

Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 2. Zmierz i zanotuj wartości prądu.

Zamień miejscami kolektor i emiter tranzystora i ponownie wykonaj pomiary prądu.

UWAGA: Zwróć uwagę, aby tranzystor nie pracował w nasyceniu.



Rys. 2. Schemat do pomiaru współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystora bipolarnego

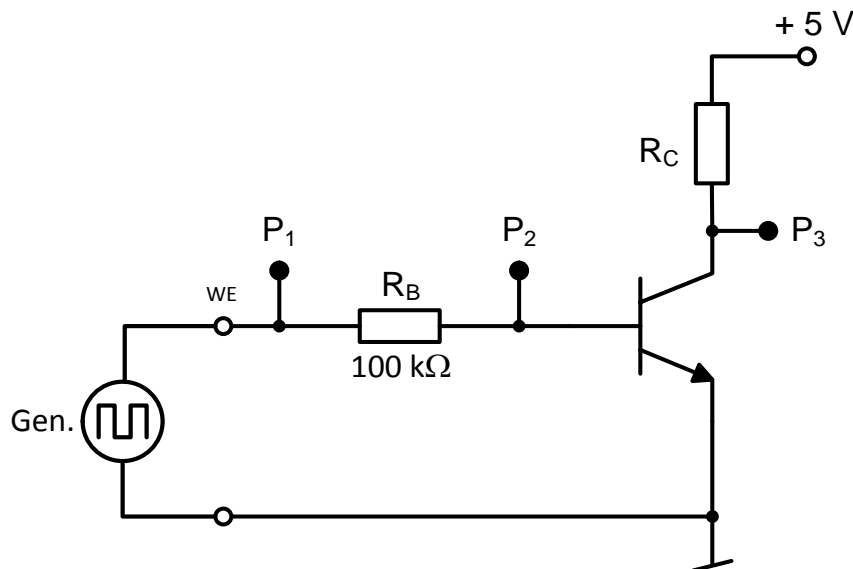
4.2.2. Pomiary czasu narastania prądu kolektora.

Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 3. Do punktów pomiarowych (P_1 , P_2 , P_3) podłącz oscyloskop, a do wejścia generator i ustaw symetryczny sygnał prostokątny.

Dla aktywnej pracy tranzystora, zmierz czas narastania prądu kolektora t_r dla dwóch wartości R_C (np. $100\ \Omega$ i $150\ \Omega$ itp.). Pomiar czasu należy wykonać dla zmian prądu od 10% do 90% maksymalnej wartości prądu kolektora.

Przełącz tranzystor do pracy inwersyjnej i wykonaj pomiary analogicznie jak dla pracy aktywnej (jeśli amplituda mierzonego napięcia U_{CE} jest mała należy zwiększyć wartość rezystora R_C , np. $1\ k\Omega$).

UWAGA: Upewnij się, że tranzystor nie pracuje w nasyceniu.



Rys. 3. Schemat pomiarowy do badania pracy dynamicznej tranzystora bipolarnego

4.2.3. Pomiary czasu magazynowania.

W układzie pomiarowym jak poprzednio (Rys. 3), tak dobierz wartość rezystora R_C , i amplitudę napięcia wejściowego, aby nastąpiło przesterowanie tranzystora – nasycenie.

Zaobserwuj wpływ wartości prądów bazy na czas magazynowania – przerysuj przykładowy przebieg do sprawozdania.

Zmierz czas magazynowania t_s dla różnych wartości prądów bazy.

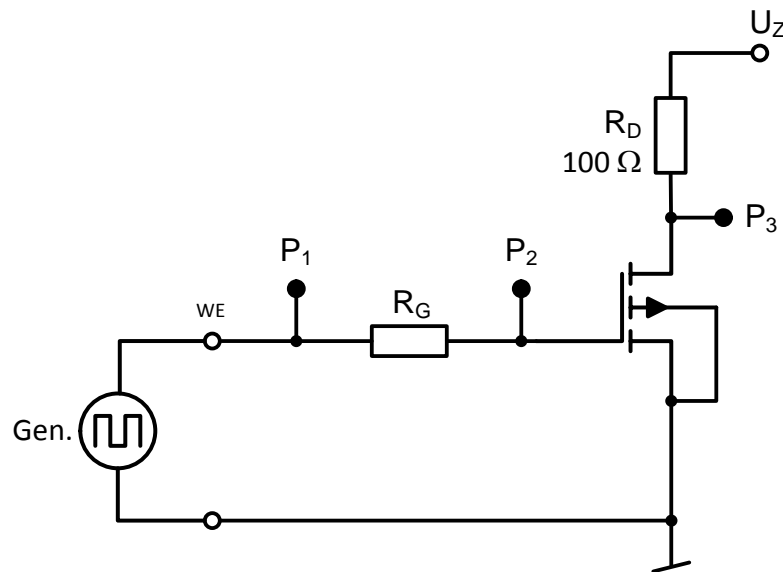
UWAGA: Zmieniając amplitudę sygnału wejściowego i OFFSET w generatorze można zmieniać prąd bazy i uzyskać wartości niesymetryczne.

Prąd bazy można obliczyć na podstawie wartości rezystora R_B i napięcia wejściowego (oczko wejściowe).

4.3. Badanie tranzystora MOS w pracy dynamicznej

Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 4. Do punktów pomiarowych (P_1 , P_2 , P_3) podłącz oscyloskop. Ustaw napięcie zasilania $U_Z = 5V$. Do wejścia podłącz generator i ustaw sygnał prostokątny dodatni – właściwie dobierz OFFSET – amplituda sygnału wej. $5\ V_{pp}$, OFFSET $2,5\ V$. Dla różnych wartości rezystora R_G (np. $10\ \Omega$, $100\ \Omega$, $1\ k\Omega$ itp.) przerysuj kształty napięć wejściowego i wyjściowego oraz zmierz czasy narastania i opadania napięcia wyjściowego (U_{DS}). Zwróć uwagę na kształt przebiegu w pobliżu połowy amplitudy.

Zwiększ dwukrotnie napięcie zasilania i amplitudę sygnału wejściowego ($U_Z = 10V$, amplituda sygnału wej. $10 V_{PP}$, OFFSET = 5 V).



Rys. 4. Schemat pomiarowy do badania pracy dynamicznej tranzystora n-MOS

5. OPRACOWANIE DANYCH POMIAROWYCH

5.1. Dioda

- Zamieść w sprawozdaniu oscylogramy prądu i napięcia z przełączania diod oraz zaznacz na nich charakterystyczne czasy przełączania obserwowane w p. 4.1.
- Na podstawie zmierzonych czasów magazynowania oblicz czas przelotu nośników TT korzystając ze wzoru:

$$t_S = TT \cdot \ln \left(\frac{|I_R| + I_F}{|I_R|} \right)$$

I_F – wartość prądu płynącego przez diodę w kierunku przewodzenia,
 I_R – wartość prądu płynącego przez diodę w kierunku zaporowym.

- Oblicz rezystancję szeregową dla badanych diod.
- Wyniki (czasy i rezystancje szeregowe) otrzymane dla różnych kombinacji prądów przedstaw w tabeli.
- Otrzymane wyniki porównaj z danymi katalogowymi badanych diod i skomentuj zwracając uwagę na przeznaczenie diod.

5.2. Tranzystor bipolarny

- Na podstawie wyników pomiarów prądów bazy i kolektora uzyskanych w punkcie 4.2.1 oblicz współczynniki wzmocnienia prądowego dla pracy normalnej aktywnej i inwersyjnej – β_N i β_I .
- Na podstawie wyników czasów w punkcie 4.2.2 oblicz stałe czasowe tranzystora: τ_{BN} , τ_N , τ_{BI} , τ_I . Wyniki pomiarów przedstaw w tabeli.
- Przedyskutuj otrzymane wyniki i wyciągnij stosowne wnioski.

- Na podstawie wyników czasów w punkcie 4.2.3 oblicz parametr τ_s dla różnych przypadków. Wyniki obliczeń zamieść w tabeli.
- Otrzymane wyniki porównaj z danymi katalogowymi badanego tranzystora oraz przedyskutuj wyciągając stosowne wnioski.
- Dla każdego z przypadków oszacuj maksymalną częstotliwość pracy tranzystora jako klucza prądowego przy założeniu, że dopuszczalna zmiana współczynnika wypełnienia impulsów nie powinna przekraczać 10% w porównaniu z impulsami sterującymi.

5.3. Tranzystor unipolarny MOS

- Zamieść w tabeli wartości zmierzonych czasów dla różnych rezystorów i napięcia zasilania. Skomentuj otrzymane wyniki.
- Na podstawie przerysowanych przebiegów dla poszczególnych rezystorów wyjaśnij przyczynę kształtu przebiegu wyjściowego.

6. LITERATURA

[1] Wykład

[2] J. Koprowski „Podstawowe przyrządy półprzewodnikowe”, Skrypt uczelniany SU 1711, AGH, Kraków 2009

[3] W. Marciniak „Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone”, Warszawa, WNT, 1987

[4] załącznik do ćwiczenia nr 9