



AGH

Katedra Elektroniki

**Podstawy Elektroniki
dla Teleinformatyki**

Tranzystory bipolarne

Ćwiczenie

3

2014 r.

1. Wstęp.

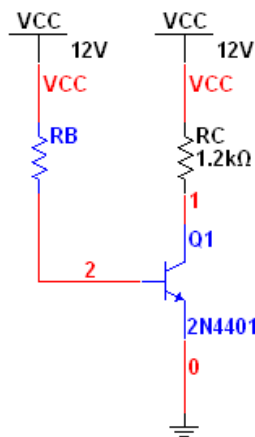
Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z działaniem i zastosowaniami tranzystora bipolarnego.

2. Konspekt

Tranzystor jako wzmacniacz prądu. Tranzystor jako wzmacniacz napięcia. Ograniczenia tranzystora – napięcie progowe złącza baza-emiter. Układ polaryzacji tranzystora stałym prądem bazy. Układ polaryzacji tranzystora stałym prądem bazy oraz przy pomocy rezystora emiterowego R_E . Potencjometryczny układ polaryzacji tranzystora. Wyznaczenie współrzędnych punktu pracy tranzystora (U_{CE} , I_C) dla różnych układów polaryzacji podanych w instrukcji. Zakres dynamiczny sygnału wejściowego. Praca tranzystora bipolarnego w układzie klucza. Wprowadzanie tranzystora w zakres pracy aktywnej. Wtórnik emiterowy. Wykorzystanie wtórnika napięciowego do separowania wyjścia wzmacniacza od obciążenia. Wprowadzanie w tor sygnałowy dużego wzmocnienia napięcia i prądu – końcówka mocy. Wzmacniacz komplementarny. Stabilizator napięcia z diodą Zenera.

3. Układ polaryzacji tranzystora bipolarnego stałym prądem bazy

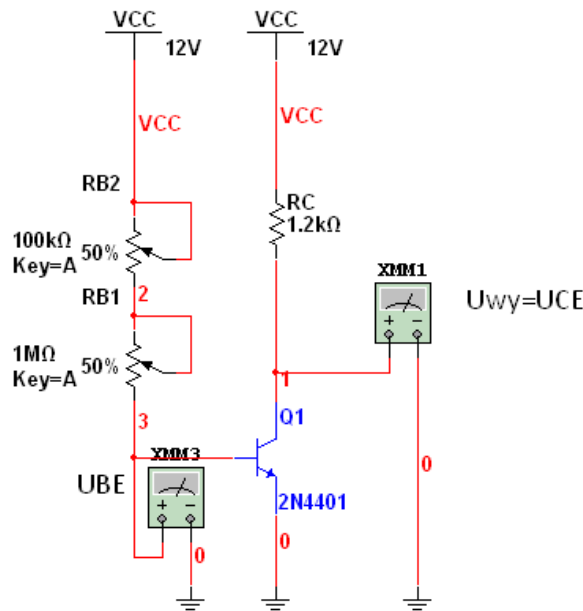
Utwórz obwód elektryczny tranzystora bipolarnego npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy (rys. 1). Zastosuj tranzystor 2N4401. Napięcie zasilania $V_{CC}=12\text{ V}$.



Rys. 1. Tranzystor bipolarny w układzie polaryzacji stałym prądem bazy

W miejsce rezystora bazy R_B wepnij na początku dwa potencjometry suwakowe R_{B1} i R_{B2} połączone szeregowo, które posiadają wstępne nastawy rezystancji jak na rys. 2. Dołącz dwa woltomierze umożliwiające pomiar napięcia na bazie tranzystora $U_{BE}=U_P$ oraz na kolektorze

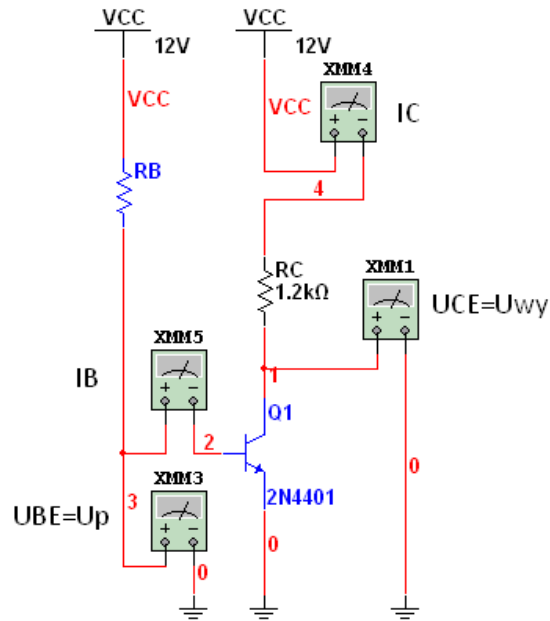
tranzystora $U_{wy}=U_{CE}$. Za pomocą potencjometrów suwakowych R_{B1} (regulacja zgrubna) i R_{B2} (regulacja dokładna) ustal taką wartość rezystancji $R_B=R_{B1}+R_{B2}$, dla której $U_{wy} = \frac{1}{2}U_{CC}$ (patrz wykład).



Rys. 2. Ustalanie punktu pracy tranzystora w układzie polaryzacji stałym prądem bazy – ustalanie wartości rezystora w obwodzie bazy

Wypnij potencjometry R_{B1} i R_{B2} z obwodu czyli usuń przewody łączące je z resztą układu. Zmierz omomierzem wartość wypadkowej rezystancji obydwu potencjometrów. W miejsce dwóch potencjometrów wstaw rezystor stały R_B o wartości rezystancji równej rezystancji wypadkowej potencjometrów.

Dołącz do obwodu dwa amperomierze umożliwiające pomiar prądu w kolektorze tranzystora I_C oraz pomiar prądu bazy tranzystora I_B (rys. 3). Zmierz prąd kolektora I_C oraz prąd bazy I_B dla ustalonej wcześniej wartości rezystora R_B . Określ na podstawie pomiarów punkt pracy tranzystora (U_{CE} , I_C) oraz wyznacz wzmocnienie prądowe tranzystora $\beta = \frac{I_C}{I_B}$.



Rys. 3. Ustalanie punktu pracy tranzystora w układzie polaryzacji stałym prądem bazy – pomiar prądu kolektora I_C oraz prądu bazy I_B .

Wyniki zanotuj w tabeli 1.

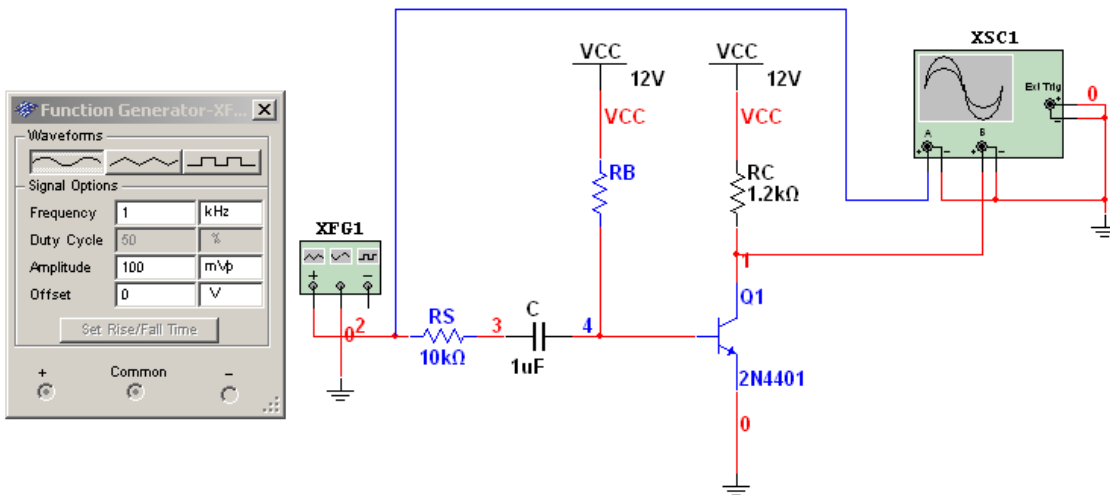
Tabela 1. Tranzystor npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy – pomiary statyczne

Typ tranzystora $U_{CC} = \dots V$	R_C [kΩ]	R_B [kΩ]	$U_{BE}=U_P$ [V]	$U_{wy}=U_{CE}$ [V]	I_C [A]	I_B [A]	Punkt pracy (U_{CE}, I_C)	$\beta = \frac{I_C}{I_B}$
Wartości zmierzone								

Usuń z obwodu multimetry. Dołącz do bazy tranzystora źródło sygnału (sygnał sinusoidalny o zadanej amplitudzie peak-to-peak np. 100 mVpp, 1 kHz) za pośrednictwem rezystora R_S oraz kondensatora separującego C jak na rys. 4. Dołącz oscyloskop tak aby możliwa była obserwacja przebiegu na wyjściu generatora oraz na kolektorze tranzystora. Jaką funkcję pełni w układzie rezystor R_S i kondensator C ?

Zarejestruj i zamieść w sprawozdaniu przebieg wejściowy i wyjściowy w trybie AC pracy oscyloskopu.

Wyznacz za pomocą analizy Transient amplitudę *peak to peak* sygnału wejściowego z generatora Δu_{we} oraz sygnału wyjściowego Δu_{wy} na kolektorze tranzystora. Wyznacz wzmacnienie napięciowe $k_u = \frac{\Delta u_{wy}}{\Delta u_{we}}$. Wyniki zanotuj w tabeli 2. Zauważ, że przebieg wyjściowy ma odwróconą fazę w stosunku do przebiegu wejściowego.



Rys. 4. Dołączenie źródła sygnału do wstępnie spolaryzowanego tranzystora w układzie polaryzacji stałym prądem bazy – pomiary dynamiczne

Zwiększaj amplitudę sygnału wejściowego z generatora aż do momentu, w którym pojawiają się zniekształcenia sygnału wyjściowego. Zanotuj amplitudę *max* Δu_{we} *peak to peak* oraz amplitudę *max* Δu_{wy} [V] *peak to peak* gdy wykorzystany jest cały zakres dynamiczny sygnału wyjściowego. Pokaż w sprawozdaniu zniekształcenia przebiegu wyjściowego występujące przy przekroczeniu całego zakresu dynamicznego sygnału wyjściowego. Zinterpretuj kiedy tranzystor wchodzi w stan odcięcia a kiedy w stan nasycenia?

Tabela 2. Tranzystor npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy wg rys. 3 – pomiary dynamiczne

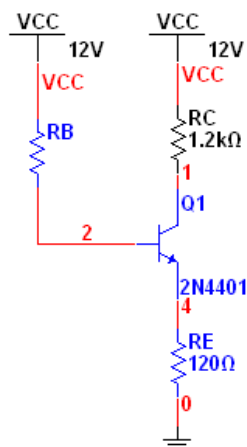
Parametr	Δu_{we} [V]	Δu_{wy} [V]	$k_u = \frac{\Delta u_{wy}}{\Delta u_{we}}$	<i>max</i> Δu_{we} [V] przy wykorzystaniu całego zakresu dynamicznego sygnału wyjściowego	<i>max</i> Δu_{wy} [V] gdy wykorzystany jest cały zakres dynamiczny sygnału wyjściowego
Wartości zmierzone					

W sprawozdaniu należy pokazać, jak można wyliczyć wartość rezystora R_B za pomocą analizy obwodu. Dla wyznaczonej wartości rezystora R_B , należy wyliczyć współrzędne punktu pracy tranzystora (U_{CE} , I_C). Należy również wyliczyć wartość wzmocnienia napięciowego k_u układu. Wyliczone wartości parametrów należy porównać z wynikami otrzymanymi z symulacji w programie Multisim.

4. Układ polaryzacji tranzystora bipolarnego stałym prądem bazy z rezystorem emiterowym

Zbuduj obwód elektryczny (rys. 5) tranzystora bipolarnego npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy z rezystorem emiterowym R_E . Zakładamy, że $\frac{R_C}{R_E} = 10$. Napięcie zasilania $U_{CC}=12$.

V.



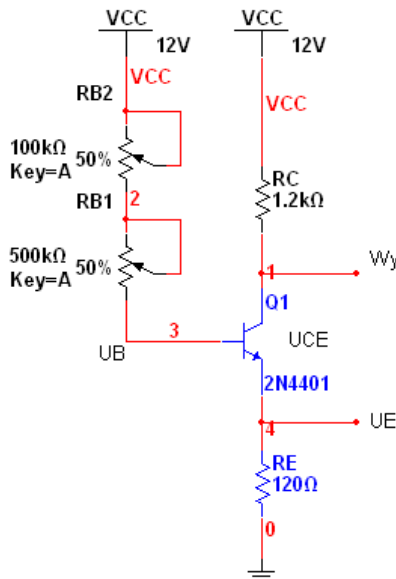
Rys. 5. Tranzystor bipolarny npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy, z rezystorem emiterowym.

W miejsce rezystora bazy R_B wepnij na początku dwa potencjometry suwakowe R_{B1} i R_{B2} połączone szeregowo, które posiadają ustawione wstępnie wartości jak na rys. 6. Dołącz trzy woltomierze umożliwiające pomiar napięcia na bazie tranzystora U_B , na emiterze tranzystora U_E oraz na jego kolektorze U_{wy} . Za pomocą suwaków potencjometrów R_{B1} i R_{B2} , ustal taką wartość ich rezystancji, dla których napięcie wyjściowe statyczne jest równe połowie zakresu dynamicznego sygnału wyjściowego czyli $U_{wy} = \frac{1}{2}(U_{CC} - 2U_d) + 2U_d$, gdzie $U_d = U_E$ (patrz

wykład). Odłącz potencjometry R_{B1} i R_{B2} z obwodu (poprzez usunięcie przewodów łączących ich z resztą obwodu) i zmierz omomierzem wartość rezystancji wypadkowej obydwu

potencjometrów połączonych szeregowo. Wartość tę nadaj rezystorowi R_B . Zanotuj w tabeli 3 wartość rezystora R_B oraz wartości napięć U_B , U_E , U_{wy} , $U_{CE}=U_{wy}-U_E$.

Dołącz do obwodu dwa amperomierze umożliwiające pomiar prądu w kolektorze tranzystora I_C oraz pomiar prądu bazy tranzystora I_B . Zmierz prąd kolektora I_C oraz prąd bazy I_B dla ustalonej wcześniej wartości rezystora R_B . Określ na podstawie pomiarów punkt pracy tranzystora (U_{CE} , I_C) oraz wyznacz wzmocnienie prądowe tranzystora $\beta = \frac{I_C}{I_B}$.



Rys. 6. Tranzystor bipolarny npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy, z rezystorem emiterowym – doświadczalne ustalanie wartości rezystora w obwodzie bazy za pomocą potencjometrów suwakowych

Wyniki zanotuj w tabeli 3.

Tabela 3. Tranzystor npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy, z rezystorem emiterowym R_E – pomiary statyczne

$U_{CC}=\dots$ V	R_C [kΩ]	R_E [kΩ]	R_B [kΩ]	U_B [V]	U_E [V]	U_{wy} [V]	U_{CE} [V]	I_C [A]	I_B [A]	Punkt pracy (U_{CE} , I_C)	$\beta = \frac{I_C}{I_B}$
Wartości zmierzone											

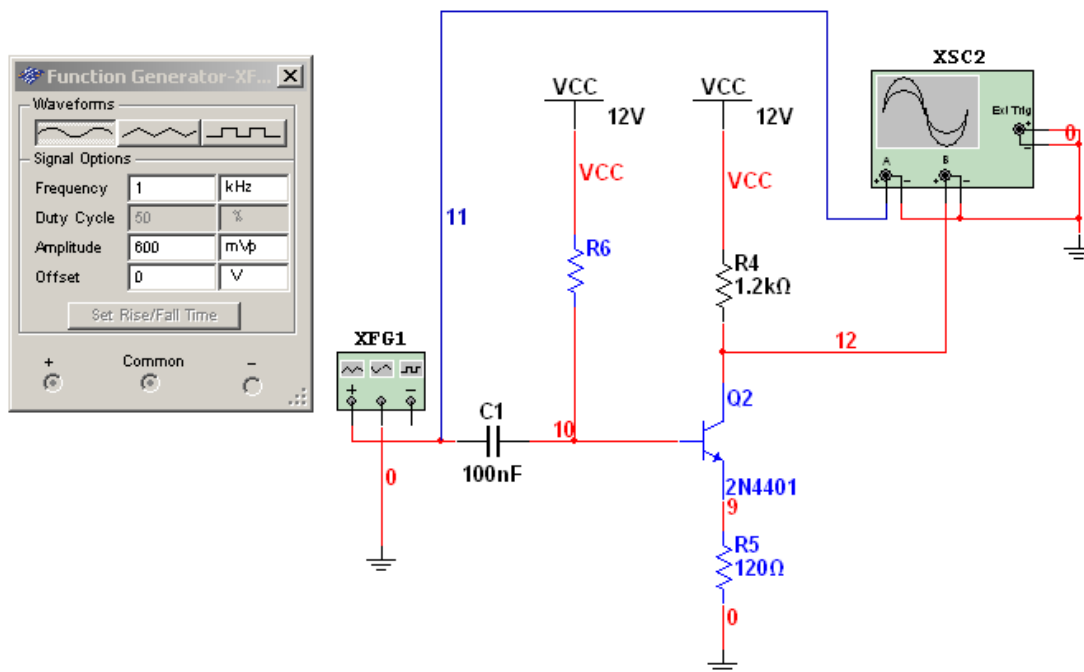
Usuń z obwodu multimetru. Dołącz do bazy tranzystora za pośrednictwem kondensatora separującego C źródło sygnału (sygnał sinusoidalny, zadana wartość amplitudy *peak to peak* sygnału wejściowego np. 600 mVpp, 1 kHz). Dołącz oscyloskop tak aby możliwa była obserwacja przebiegu z generatora oraz na kolektorze tranzystora (rys. 7).

Zarejestruj przebieg napięcia wejściowego i wyjściowego układu w trybie pracy AC oscyloskopu.

Wyznacz za pomocą analizy Transient amplitudę *peak to peak* sygnału wejściowego z generatora Δu_{we} oraz sygnału wyjściowego Δu_{wy} na kolektorze tranzystora. Wyznacz wzmocnienie

$$k_u = \frac{\Delta u_{wy}}{\Delta u_{we}}.$$

Zwiększaj amplitudę sygnału wejściowego z generatora aż do momentu zauważenia zniekształceń przebiegu wyjściowego. Co oznaczają te zniekształcenia? Zinterpretuj, kiedy tranzystor wchodzi w stan odcięcia czy w stan nasycenia? Zanotuj dopuszczalny zakres zmian napięcia wejściowego $max \Delta u_{we} [V]$ i odpowiadający mu zakres zmian napięcia wyjściowego $max \Delta u_{wy} [V]$. Uzupełnij tabelę 4.



Rys. 7. Tranzystor bipolarny npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy, z rezystorem emiterowym – pomiary dynamiczne

Tabela 4. Tranzystor npn w układzie polaryzacji stałym prądem bazy, z rezystorem emiterowym R_E – pomiary dynamiczne

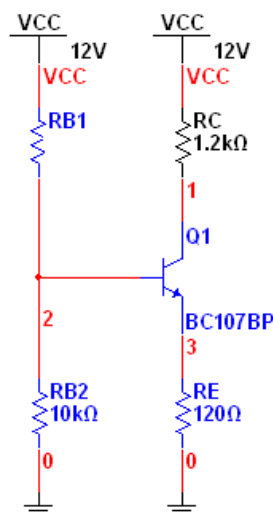
Parametr	$\Delta u_{we} [V]$	$\Delta u_{wy} [V]$	$k_u = \frac{\Delta u_{wy}}{\Delta u_{we}}$	$max \Delta u_{we} [V]$ przy wykorzystaniu całego zakresu dynamicznego sygnału wyjściowego (wartość peak to peak)	$max \Delta u_{wy} [V]$ gdy wykorzystany jest cały zakres dynamiczny sygnału wyjściowego (wartość peak to peak)
Wartości zmierzone					

W sprawozdaniu należy pokazać, jak można wyliczyć wartość rezystora R_B za pomocą analizy obwodu. Dla wyznaczonej wartości rezystora R_B , należy wyliczyć współrzędne punktu pracy tranzystora (U_{CE} , I_C). Należy również wyliczyć wartość wzmocnienia napięciowego k_u układu. Wyliczone wartości parametrów należy porównać z wynikami otrzymanymi z symulacji w programie Multisim.

5. Wzmacniacz napięciowy z potencjometrycznym układem polaryzacji tranzystora

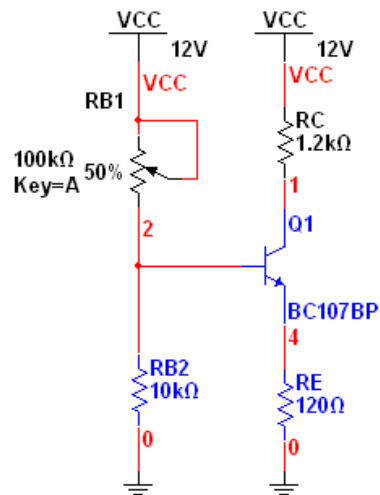
Zbuduj obwód elektryczny (rys. 8) tranzystora bipolarnego npn w potencjometrycznym układzie polaryzacji. Zastosuj tym razem tranzystor BC107BP. Zakładamy, że $\frac{R_C}{R_E} = 10$ oraz $I_{RB2} = 10I_B$.

Napięcie zasilania $U_{CC} = 12\text{ V}$.



Rys. 8. Tranzystor bipolarny npn z potencjometrycznym układem polaryzacji.

W dzielniku rezystancyjnym dołączonym do bazy tranzystora zastosuj w miejsce rezystora R_{B1} potencjometr suwakowy o zadanej wstępnie rezystancji jak na rys. 9.



Rys. 9. Tranzystor bipolarny npn w potencjometrycznym układzie polaryzacji – dobór rezystora R_{B1} .

Dołącz trzy woltomierze umożliwiające pomiar napięcia na bazie tranzystora U_B , na emiterze tranzystora U_E oraz na wyjściu układu U_{Wy} . Dołącz dwa amperomierze umożliwiające pomiar prądu bazy I_B oraz prądu kolektora I_C .

Za pomocą analizy teoretycznej obwodu, wylicz napięcie wyjściowe statyczne równe połowie zakresu dynamicznego sygnału wyjściowego czyli $U_{Wy} = \frac{1}{2}(U_{CC} - 2U_d) + 2U_d$, gdzie $U_d = U_E$ (patrz wykład). Wylicz również prąd kolektora I_C .

Ustaw suwak potencjometru R_{B1} tak aby napięcie wyjściowe statyczne U_{Wy} oraz prąd kolektora I_C osiągnęły wyliczone wartości. Zastąp potencjometr rezystorem stałym o równoważnej rezystancji. Uzupełnij tabelę 5.

Tabela 5. Tranzystor bipolarny npn w potencjometrycznym układzie polaryzacji – pomiary statyczne

$U_{CC} = \dots V$	R_C [kΩ]	R_E [kΩ]	R_{B1} [kΩ]	R_{B2} [kΩ]	U_B [V]	U_E [V]	U_{Wy} [V]	U_{CE} [V]	I_C [A]	I_B [A]	Punkt pracy (U_{CE}, I_C)	$\beta = \frac{I_C}{I_B}$
Wartości zmierzone												

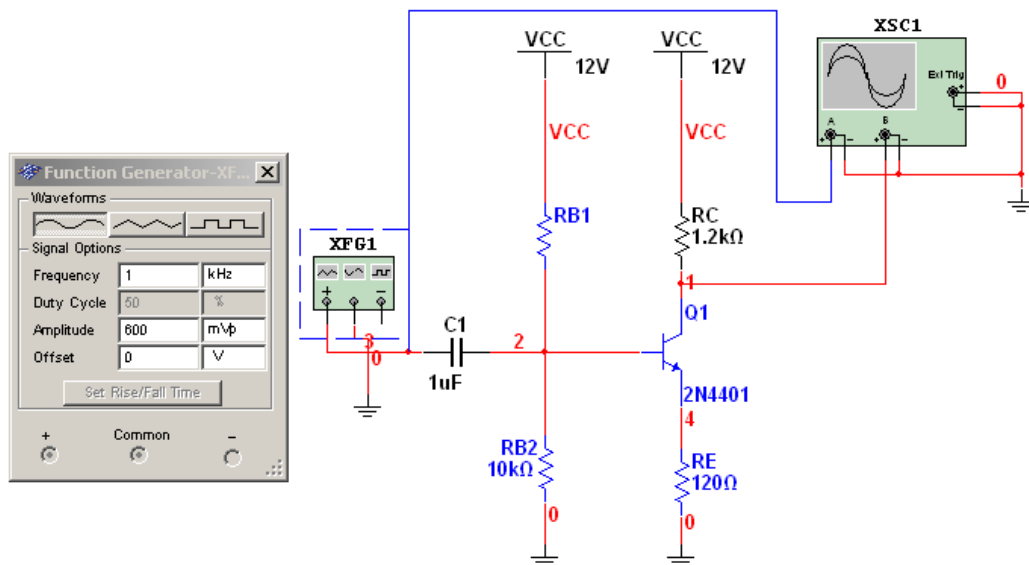
Usuń z obwodu multimetru. Dołącz do bazy tranzystora za pośrednictwem kondensatora separującego C źródło sygnału (sygnał sinusoidalny, zadana wartość amplitudy *peak to peak* sygnału wejściowego np. 600 mVpp, 1 kHz). Dołącz oscyloskop tak aby możliwa była obserwacja przebiegu z generatora oraz na kolektorze tranzystora (rys. 10).

Zarejestruj przebieg napięcia wejściowego i wyjściowego układu w trybie pracy AC oscyloskopu.

Wyznacz za pomocą analizy Transient amplitudę *peak to peak* sygnału wejściowego z generatora Δu_{we} oraz sygnału wyjściowego Δu_{wy} na kolektorze tranzystora. Wyznacz wzmocnienie

$$k_u = \frac{\Delta u_{wy}}{\Delta u_{we}}.$$

Zwiększaj amplitudę sygnału wejściowego z generatora aż do momentu zauważenia zniekształceń przebiegu wyjściowego. Zanotuj dopuszczalny zakres zmian napięcia wejściowego $max \Delta u_{we} [V]$ i odpowiadający mu zakres zmian napięcia wyjściowego $max \Delta u_{wy} [V]$. Uzupełnij tabelę 6.



Rys. 10. Tranzystor bipolarny npn w potencjometrycznym układzie polaryzacji – pomiary dynamiczne

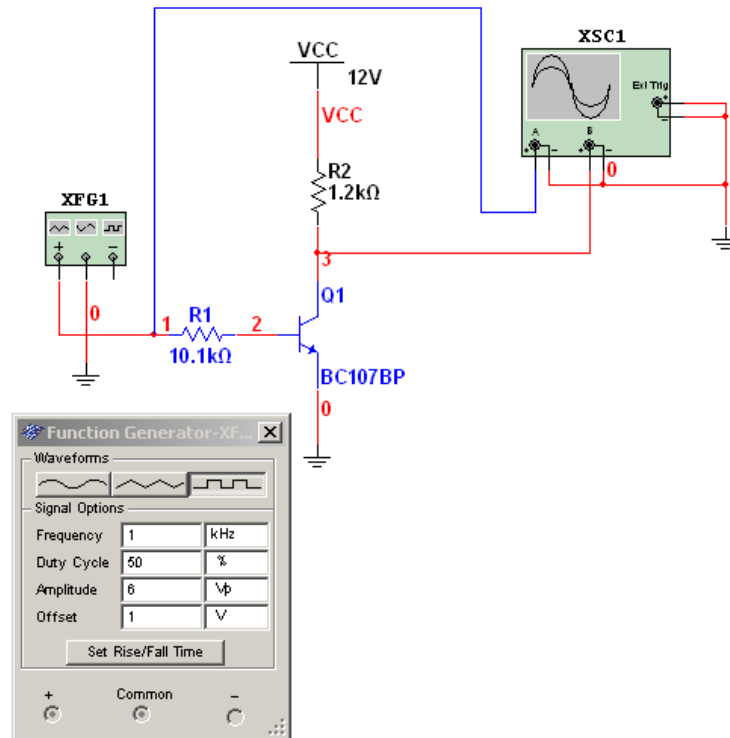
Tabela 6. Tranzystor bipolarny npn w potencjometrycznym układzie polaryzacji – pomiary dynamiczne

Parametr	$\Delta u_{we} [V]$	$\Delta u_{wy} [V]$	$k_u = \frac{\Delta u_{wy}}{\Delta u_{we}}$	<i>max $\Delta u_{we} [V]$ przy wykorzystaniu całego zakresu dynamicznego sygnału wyjściowego (wartość peak to peak)</i>	<i>max $\Delta u_{wy} [V]$ gdy wykorzystany jest cały zakres dynamiczny sygnału wyjściowego (wartość peak to peak)</i>
Wartości zmierzone					

W sprawozdaniu należy pokazać, jak można wyliczyć wartość rezystora R_{BI} za pomocą analizy obwodu. Dla wyznaczonej wartości rezystora R_{BI} , należy wyliczyć współrzędne punktu pracy tranzystora (U_{CE} , I_C). Należy również wyliczyć wartość wzmocnienia napięciowego k_u układu. Wyliczone wartości parametrów należy porównać z wynikami otrzymanymi z symulacji w programie Multisim.

6. Tranzystor bipolarny jako klucz

Zbuduj obwód elektryczny (rys. 11) tranzystora bipolarnego npn w układzie klucza. Sygnałem sterującym jest sygnał prostokątny o częstotliwości 1 kHz, współczynnika wypełnienia 50%, amplitudzie peak to peak równej 6 V oraz poziomem offset równym 1V. Oscyloskop pracuje w trybie DC z wyzwalaniem z kanału B za pomocą zbocza opadającego i poziomem wyzwalania 2V. Wybieramy tryb wyzwalania: Normal. Na ekranie oscyloskopu obserwujemy włączanie i wyłączenie tranzystora zgodnie z sygnałem taktującym. Obraz z oscyloskopu należy zamieścić w sprawozdaniu.

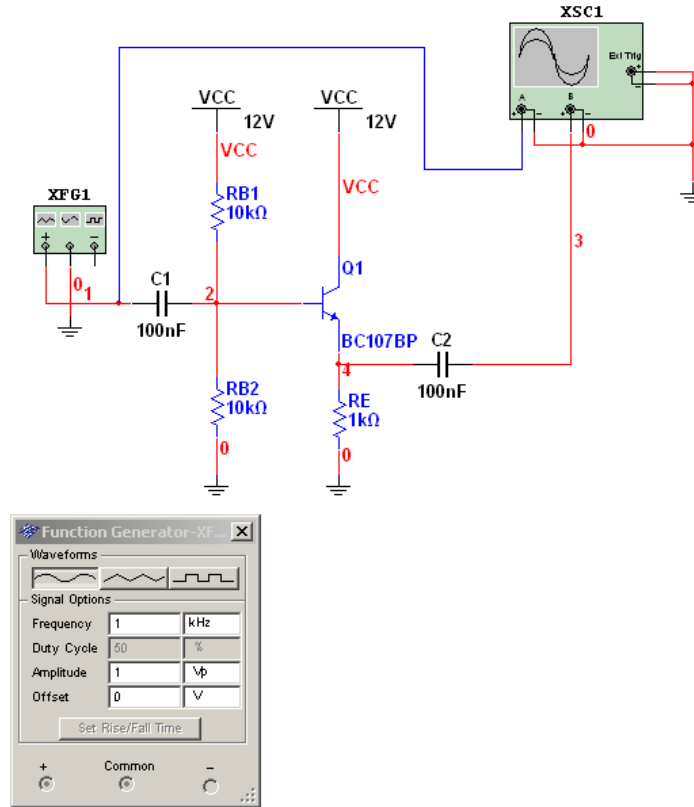


Rys. 11. Tranzystor bipolarny npn w układzie klucza

7. Wtórnik emiterowy i jego wykorzystanie do separowania wyjścia wzmacniacza od obciążenia

Wtórnik emiterowy jest układem wzmacniacza w konfiguracji wspólnego kolektora (rys. 12). Sygnał wejściowy jest wprowadzany na bazę tranzystora poprzez kondensator separujący C1. Sygnał wyjściowy pobierany jest z emitera tranzystora. W obwodzie kolektora nie ma rezystora kolektorowego. Zaobserwuj przebieg wejściowy i wyjściowy układu wtórnika emiterowego.

Wyznacz wzmocnienie napięciowe $k_u = \frac{\Delta u_{wy}}{\Delta u_{we}}$ wtórnika emiterowego. Co możesz powiedzieć o przesunięciu fazowym przebiegu wejściowego i wyjściowego w tym układzie?



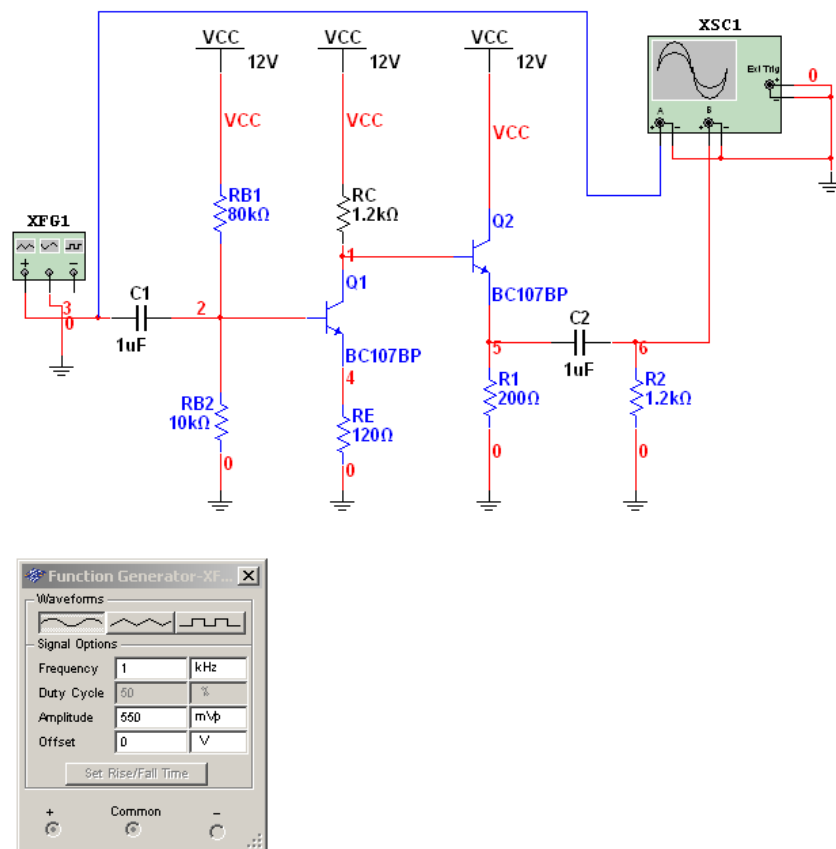
Rys. 12. Wtórnik emiterowy

Wywołaj na ekran układ wzmacniacza w układzie wspólnego emitera z polaryzacją potencjometryczną z rys. 10. Przypomnij ile wynosiło po doborze rezystora R_{B1} wzmocnienie napięciowe k_u tego wzmacniacza bez obciążenia.

Dołącz na wyjście układu obciążenie np. $R_L = 1.2 \text{ k}\Omega$ i ustal ponownie wzmocnienie układu k_{u1} . Zauważysz znaczące zmniejszenie wzmocnienia w wyniku dołączenia obciążenia.

Wprowadź teraz pomiędzy wzmacniacz OE a obciążenie wtórnik emiterowy (zastosuj rezystor $R_1 = 200 \Omega$ w emiterze wtórnika) i zmierz wzmocnienie k_{u2} (rys. 13). Oceń wpływ na wzmocnienie układu odseparowania wyjścia wzmacniacza od obciążenia za pomocą wtórnika emiterowego.

Wyniki zanotuj w tabeli 7.



Rys. 13. Odseparowanie wyjścia wzmacniacza od obciążenia za pomocą wtórnika emiterowego

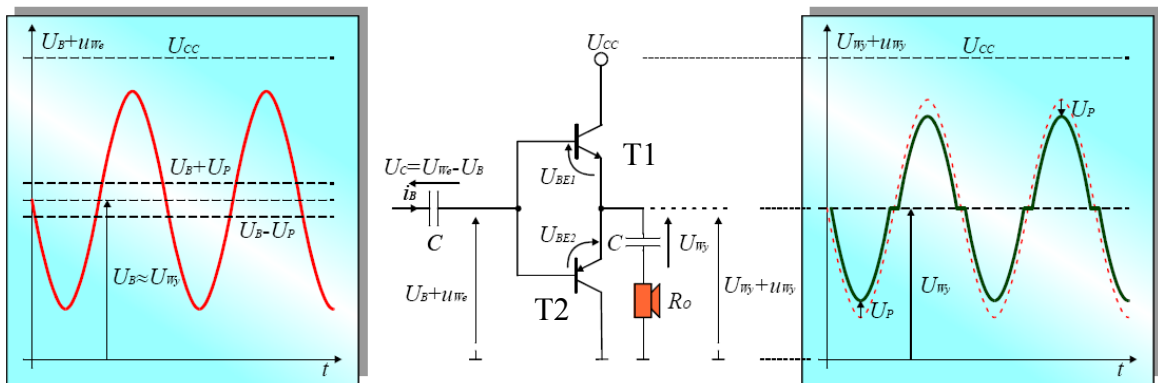
Tabela 7. Wzmocnienie wzmacniacza z separacją obciążenia za pomocą wtórnika emiterowego i bez separacji.

	Wzmocnienie wzmacniacza WE z rys. 10 bez obciążenia	Wzmocnienie wzmacniacza WE z rys. 10 z obciążeniem R_L	Wzmocnienie wzmacniacza WE z rys. 10 z obciążeniem R_L odseparowanym od wzmacniacza za pomocą wtórnika emiterowego
	Ku	Ku1	Ku2

8. Wzmacniacz komplementarny

Rysunek 14 (źródło wykład) przedstawia układ dwóch tranzystorów npn i pnp tzw. komplementarnych połączonych tak, że tranzystory przewodzą na przemian przy przeciwnych półkulkach sinusoidy sygnału sterującego. Tranzystor T1 przewodzi w czasie dodatniej półkulk sinusoidy, tranzystor T2 w czasie ujemnej półkulk sinusoidy. Zauważ, że nie ma specjalnego

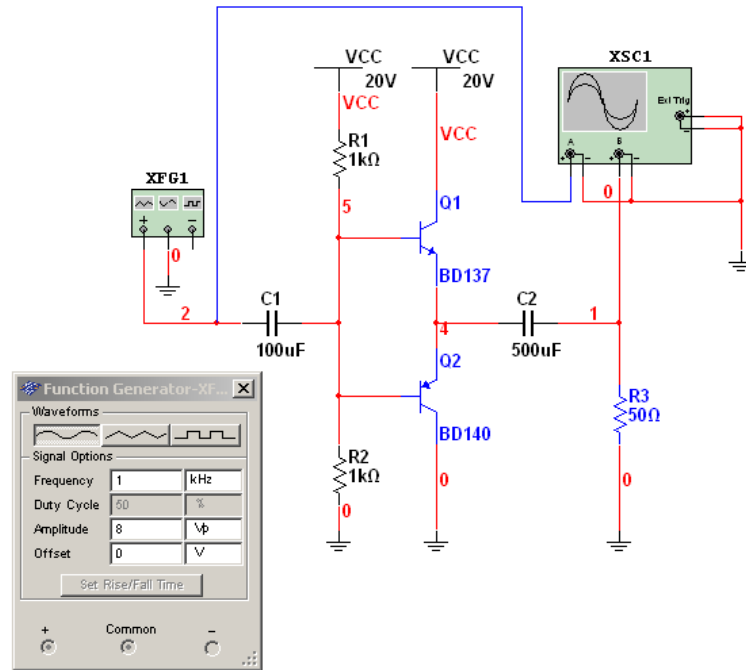
układu polaryzacji bazy tych tranzystorów i tylko sygnał sterujący wprowadza tranzystory w stan przewodzenia. Aby tranzystor T1 zaczął przewodzić poziom sygnału sterującego dla dodatniej części sinusoidy musi przewyższyć poziom napięcia progowego tego tranzystora T1. Podobnie, aby tranzystor T2 zaczął przewodzić poziom sygnału sterującego dla ujemnej części sinusoidy musi przewyższyć poziom napięcia progowego tranzystora T2. Z tego powodu pojawia się pewien przedział czasu, w którym żaden z tranzystorów nie przewodzi, co skutkuje pojawieniem się tzw. zniekształceń przejścia widocznych na przebiegu wyjściowym układu.



Rys. 14. Układ tranzystorów komplementarnych pracujących naprzemiennie; zniekształcenia skróśne przebiegu wyjściowego

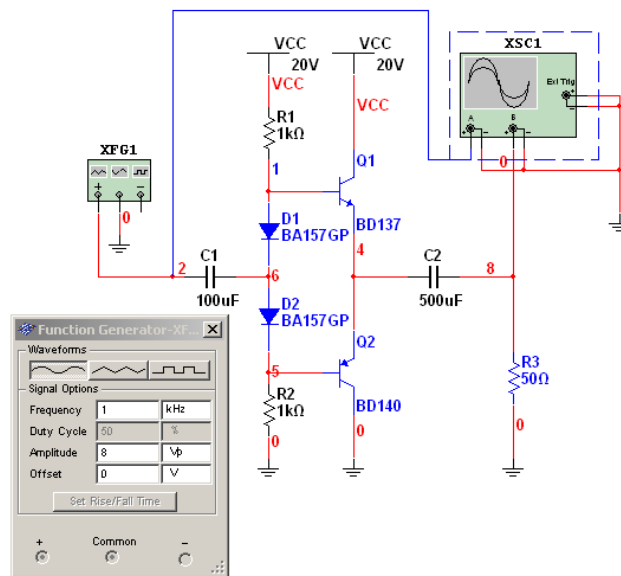
Aby zminimalizować zniekształcenia przejścia wprowadza się układ polaryzacji tranzystorów komplementarnych, taki aby ich bazy znajdowały się stale na poziomie nieco wyższym lub równym napięciu progowemu U_P .

Zaprojektuj układ wzmacniacza z tranzystorami komplementarnymi jak na rys. 15. Zastosuj tranzystory npn – BD137 oraz pnp – BD140. Wprowadź sygnał sinusoidalny o wartości 10 Vpp, i $f=1$ kHz na bazy tranzystorów za pośrednictwem kondensatora separującego C1. Dołącz oscyloskop tak aby możliwa była obserwacja przebiegu napięcia na wejściu i wyjściu układu. Zarejestruj przebieg napięcia wejściowego i wyjściowego układu w trybie pracy AC oscyloskopu oraz zniekształcenia przejścia. Wyjaśnij mechanizm powstawania zniekształceń przejścia.



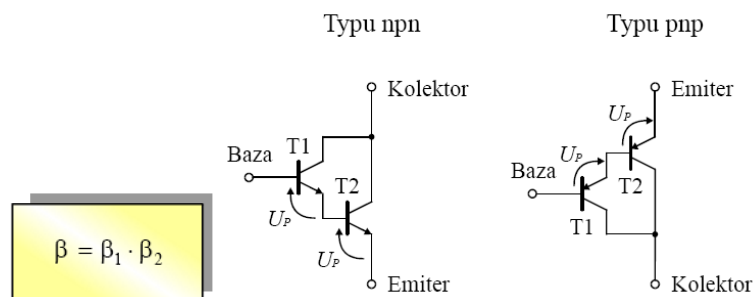
Rys. 15. Wzmacniacz komplementarny.

W celu eliminacji zniekształceń przejścia, dołącz diody dodatkowo polaryzujące bazy tranzystorów komplementarnych (rys. 16). Zastosuj diody dużej mocy BA157GP i powtórz obserwacje. Wyjaśnij mechanizm eliminowania zniekształceń przejścia.



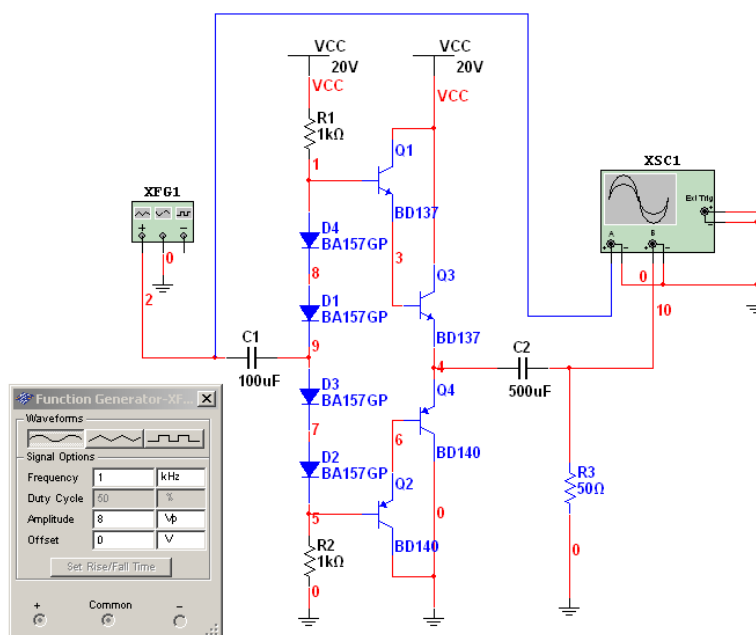
Rys. 16. Układ wzmacniacza komplementarnego z polaryzacją baz tranzystora eliminującą zniekształcenia przejścia

Wzmacniacz komplementarny można zmodyfikować poprzez zastosowanie tranzystorów w układzie Darlingtona. Rysunek 17 (źródło wykład) przedstawia dwa tranzystory npn w układzie Darlingtona. Tranzystory te posiadają połączone kolektory, a emiter pierwszego tranzystora T1 jest połączony z bazą drugiego tranzystora T2. Taki układ tranzystorów posiada wzmacnienie prądowe równe iloczynowi wzmoceń tranzystorów składowych.



Rys.17. Tranzystory npn i pnp w układzie Darlingtona

W układzie z rys. 16 wprowadź odpowiednio w miejsce pojedynczych tranzystorów npn i pnp, tranzystory w układzie Darlingtona i zbuduj wzmacniacz komplementarny z dwoma układami Darlingtona (rys. 18). Zwróć uwagę na konieczność modyfikacji układu polaryzacji wzmacniacza. Zaobserwuj przebieg wyjściowy i wyznacz wzmacnienie zmodyfikowanego układu.



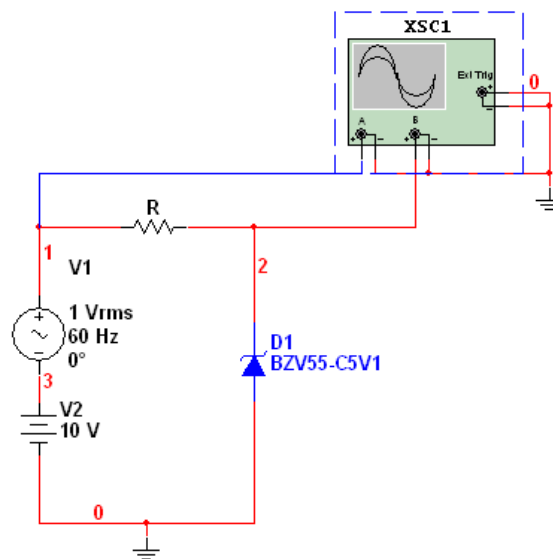
Rys. 18. Wzmacniacz komplementarny z dwoma układami Darlingtona

9. Tranzystor w układach stabilizatora z diodą Zenera

Zbuduj układ prostego stabilizatora napięcia z diodą Zenera C5V1 i rezystorem szeregowym R (rys. 19). Załóż, że maksymalny prąd, który może płynąć przez diodę Zenera C5V1 nie powinien być większy niż 250 mA i moc strat na diodzie Zenera nie może przekroczyć 450 mW (dane katalogowe). Na tej podstawie oblicz dopuszczalną wartość prądu, który może płynąć przez diodę i dobierz wartość rezystora R tak, aby układ stabilizował na poziomie 5.1 V. Odłącz na chwilę z układu źródło V_2 i za pomocą kursorów w oscyloskopie lub analizy Transient określ napięcie progowe U_P diody w kierunku przewodzenia oraz napięcie Zenera U_Z w kierunku zaporowym. Wyniki zanotuj w tabeli 8.

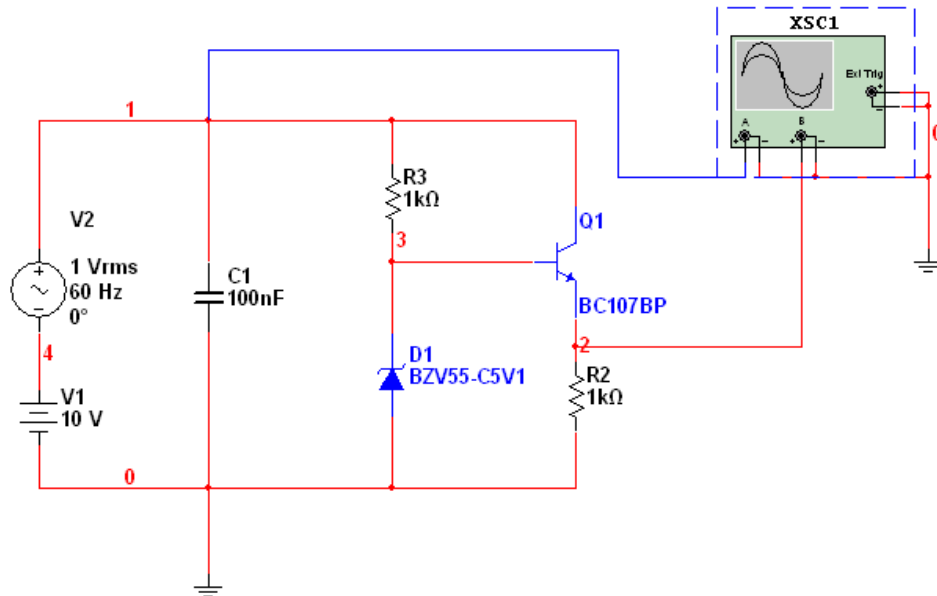
Tabela. 8. Parametry diody Zenera C5V1

Typ diody Zenera	I dop. [mA]	R [Ω]	U_P [V]	U_Z [V]	I_{max}	P_{max}
C5V1					250 mA	400 mW



Rys. 19. Podstawowy stabilizator z diodą Zenera

Zmodyfikuj prosty stabilizator z diodą Zenera przez zastosowanie wtórnika emiterowego (rys. 20). Jakie korzyści wynikają z zastosowania wtórnika emiterowego w układzie stabilizatora?



Rys. 20. Stabilizator z diodą Zenera i wtórnikiem emiterowym

8. Opracowanie wyników

Sprawozdanie powinno zawierać schematy ideowe, tabele wyników, zrzuty z ekranów przebiegów kluczowych dla zagadnień poruszanych w czasie ćwiczeń laboratoryjnych oraz interpretację otrzymanych wyników symulacji.

Opracowanie:

B.Dziurdzia, M.Sapor, Zb. Magoński , 14.12.2013

Updated : 21.11.2014