



Ćwiczenie - 5

Tranzystorowy wzmacniacz różnicowy

Spis treści

1	Cel ćwiczenia	1
2	Podstawy teoretyczne	2
2.1	Tranzystorowe źródło prądowe	2
2.2	Lustro prądowe	2
2.3	Wzmacniacz różnicowy	3
3	Przebieg ćwiczenia	5
3.1	Wyznaczanie charakterystyki przejściowej $U_{wyR} = f(U_{weR})$	5
3.2	Wyznaczanie charakterystyki przejściowej $U_{wyR} = f(U_{weS})$	7
4	Sprawozdanie	9
5	Niezbędne wyposażenie	9
Protokół		10
	Wyniki pomiarów	10

1 Cel ćwiczenia

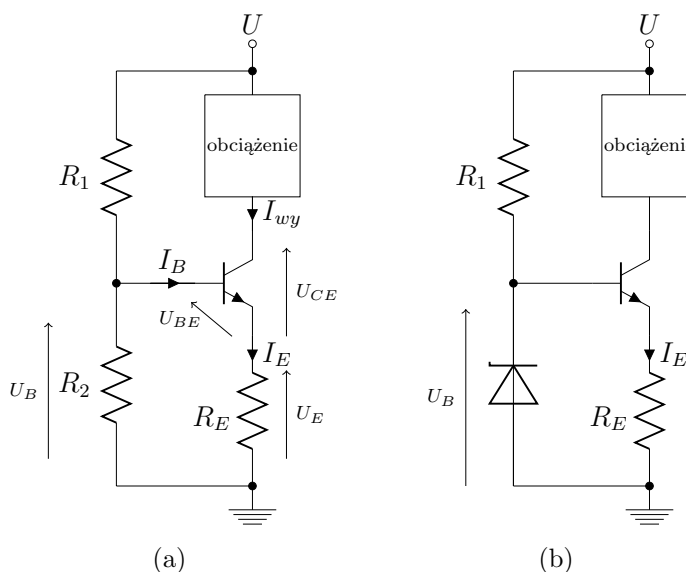
- Poznanie zasady działania tranzystorowego wzmacniacza różnicowego
- Zbadanie i porównanie różnych rodzajów układów różnicowej pary tranzystorów



2 Podstawy teoretyczne

2.1 Tranzystorowe źródło prądowe

Na rysunku 1a przedstawiono tranzystorowe źródło prądowe. Tranzystor pracuje z ujemnym sprzężeniem zwrotnym, obciążenie połączone jest szeregowo z tranzystorem.



Rysunek 1: źródło prądowe a) z dzielnikiem napięcia b) z diodą Zenera

Prądy wyjściowy źródła prądu:

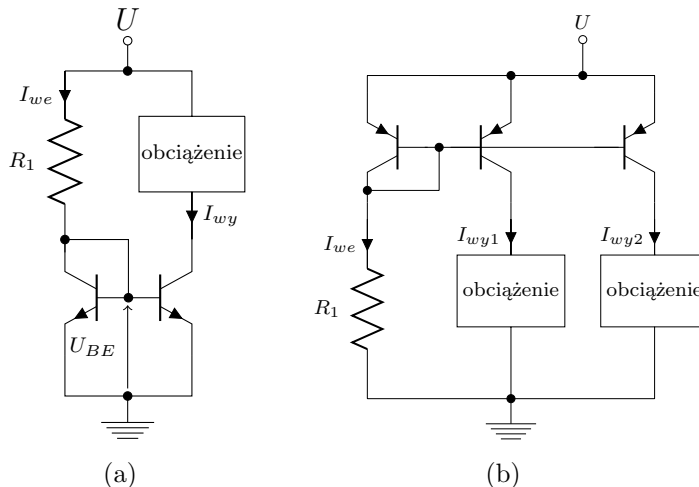
$$I_{wy} = I_C \approx I_E = \frac{U_E}{R_E} = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} \approx \frac{U_B - 0,6}{R_E}$$

Prąd wyjściowy źródła (prąd kolektora) ustalamy poprzez napięcie bazy U_B oraz rezystor emiterowy R_E . Prąd wyjściowy ma stałą wartość i nie zależy od rezystancji obciążenia dopóki tranzystor znajduje się w stanie aktywnym, czyli dopóki napięcie $U_{CE} > U_{CE sat}$.

Na rysunku 1b dzielnik napięcia polaryzujący bazę zastąpiono diodą Zenera. W układzie tym potencjał bazy jest w dużym stopniu niezależny od wahań napięcia zasilania.

2.2 Lustro prądowe

Na rysunku 2a przedstawiono lustro prądowe w którym $I_{wy} \approx I_{we}$. Dla danego prądu I_{we} napięcie U_{BE} ustala się na poziomie od 0,5V do 0,7V. Jeśli tranzystory są identyczne to na ich bazach występuje takie samo napięcie zatem płyną takie same prądy bazy oraz prądy kolektorów. Przy czym prąd I_{wy} jest mniejszy od prądu I_{we} o $2I_B$, gdzie I_B jest prądem bazy. Jednak wzmacnienie prądowe tranzystora jest stosunkowo duże dlatego można pominąć prąd bazy i przyjąć $I_{wy} \approx I_{we}$.



Rysunek 2: Lustro prądowe a) z tranzystorami npn b) z tranzystorami pnp i dwoma wyjściami

Wartość prądu źródła ustalamy w następujący sposób:

$$I_{we} \approx I_C = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{U - U_{BE}}{R_1} \approx \frac{U - 0,6}{R_1}.$$

2.3 Wzmacniacz różnicowy

Wzmacniacz różnicowy to symetryczny wzmacniacz o dwóch wejściach i dwóch wyjściach. Składa się on z dwóch układów wspólnego emitera, których wyprowadzenia emiterów są połączone ze wspólnym źródłem prądowym. Podstawowy układ przedstawiono na rysunku 3a.

Dla wzmacniacza różnicowego przyjmujemy następujące wielkości:

- napięcie wejściowe różnicowe

$$U_{weR} = U_{we1} - U_{we2},$$

- napięcie wejściowe wspólne

$$U_{weS} = \frac{U_{we1} + U_{we2}}{2},$$

- napięcie wyjściowe różnicowe

$$U_{wyR} = U_{wy1} - U_{wy2}.$$

Przy identycznych napięciach U_{we1} i U_{we2} napięcie różnicowe $U_{weR} = U_{we1} - U_{we2} = 0$, wzmacniacz pracuje symetrycznie, przez tranzystory płyną prądy o takim samym natężeniu. Zmiana napięcia wspólnego nosi nazwę wysterowania wspólnego. Wzmocnienie sygnału wspólnego wyznaczmy w przypadku zerowego napięcia różnicowego w następujący sposób:

$$K_{uS} = \frac{\Delta U_{wyR}}{\Delta U_{weS}} \Big|_{U_{weR}=0}.$$

W idealnym przypadku wzmocnienie K_{uS} jest równe zero, w praktyce ma ono niewielką wartość.



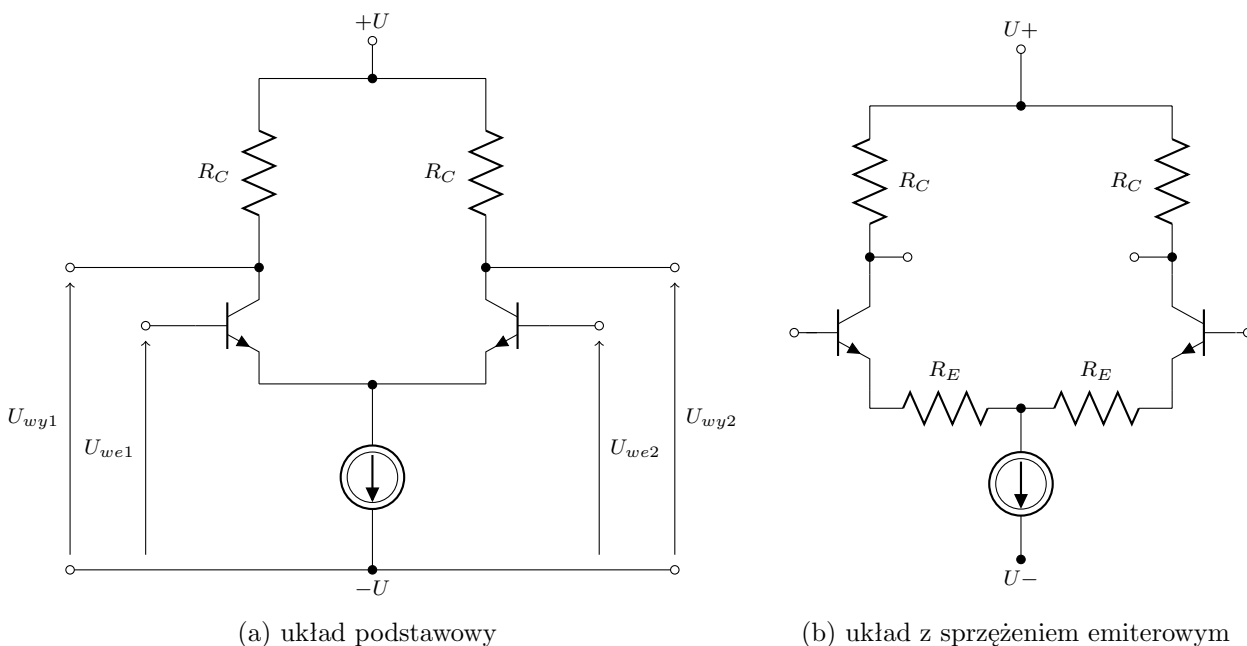
Przy wysterowaniu różnicowym napięcie U_{weR} zmienia rozptyw prądów w skutek tego zmieniają się również napięcia wyjściowe. Wzmocnienie odpowiadające zmianie napięcia różnicowego U_{weR} przy stałym napięciu wspólnym U_{weS} wyznaczamy w następujący sposób:

$$K_{uR} = \frac{\Delta U_{wyR}}{\Delta U_{weR}} \Big|_{U_{weS} = const.}$$

Stosunek wzmocnienia różnicowego i wspólnego nosi nazwę współczynnika tłumienia sygnału wspólnego (*ang.*: *CMRR* - *Common Mode Rejection Ratio*):

$$CMRR = \frac{K_{uR}}{K_{uS}}$$

W idealnym przypadku $K_{uS} \rightarrow 0$ a przez co $CMRR \rightarrow \infty$, w rzeczywistości $CMRR \approx 10^3 \dots 10^5$.



Rysunek 3: Schemat wzmacniacza różnicowego

Podobnie jak w układzie ze wspólnym emiterem w wzmacniaczu różnicowym również można zastosować emiterowe sprzężenie zwrotne. W tym celu do obwodów emitera każdego z tranzystorów należy włączyć rezystor szeregowy jak na rysunku 3b.

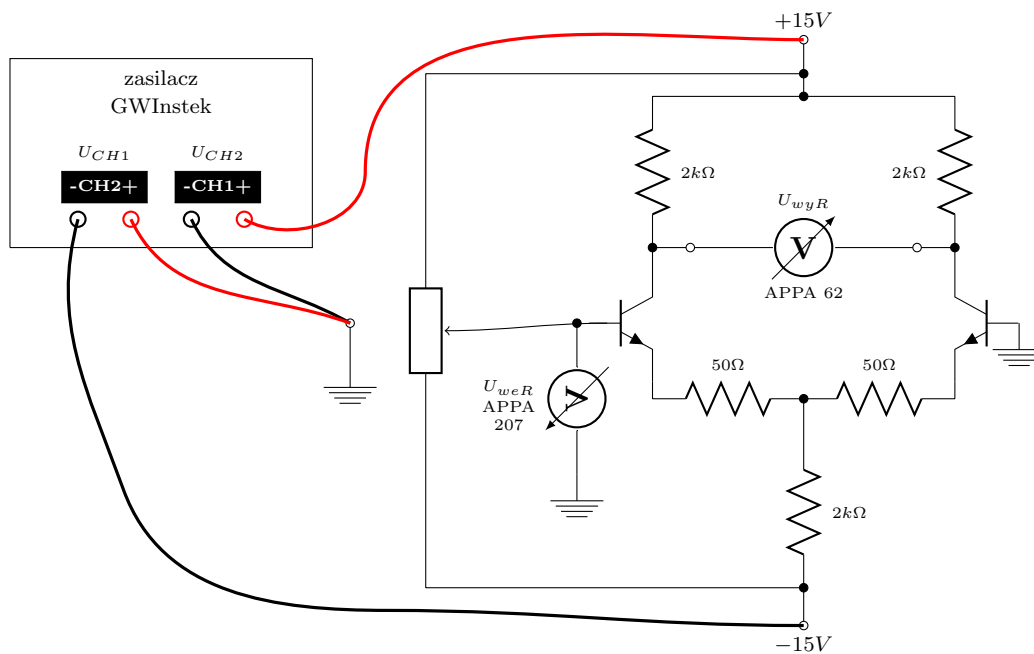


3 Przebieg ćwiczenia

3.1 Wyznaczanie charakterystyki przejściowej $U_{wyR} = f(U_{weR})$

Wyznaczyć charakterystykę przejściową $U_{wyR} = f(U_{weR})$ dla układu:

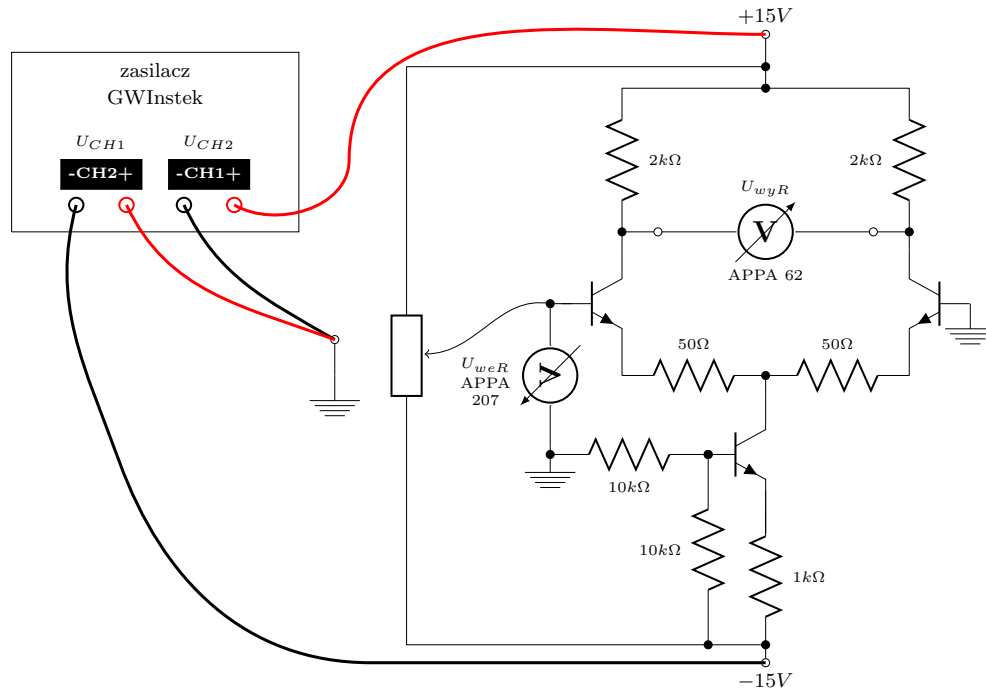
- z rezystorem w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym,
- z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym,
- z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem w postaci źródeł prądu.



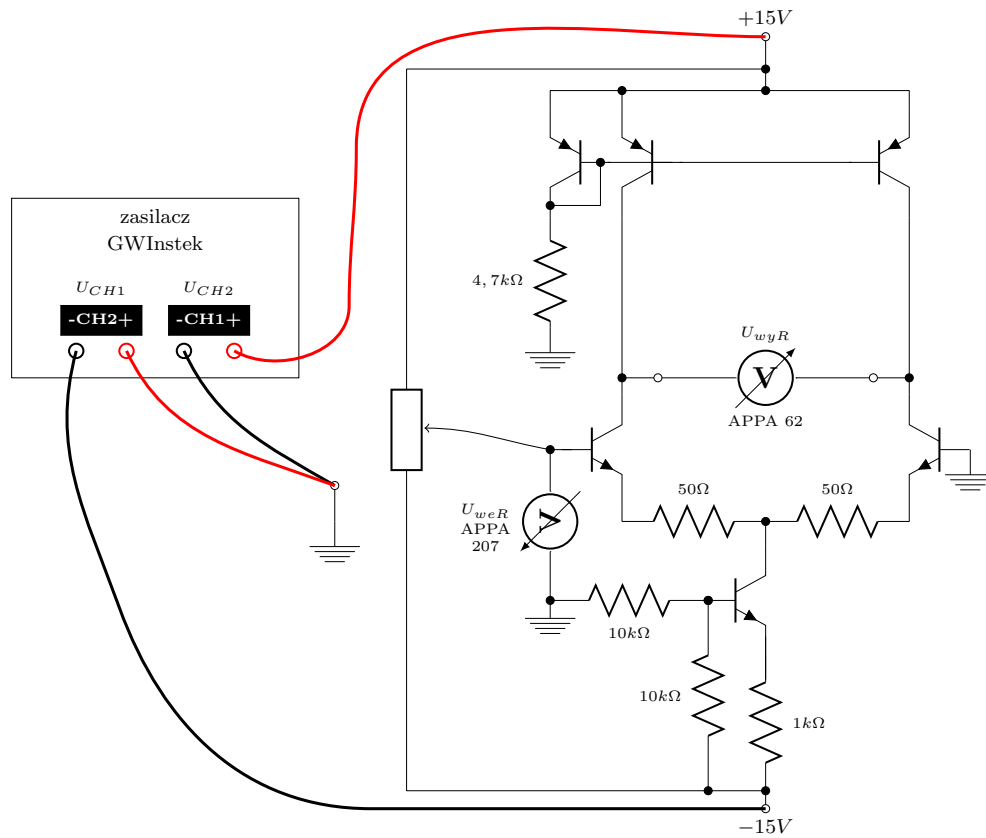
Rysunek 4: Układ z rezystorem w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym

W celu wykonania pomiarów:

- połączyć układ jak na rysunku 4,
- na kanale pierwszym i drugim zasilacza ustawić napięcie $U_{CH1} = U_{CH2} = 15V$ oraz ograniczenie prądu $I_{CH1max} = I_{CH2max} = 100mA$,
- zmieniając napięcie różnicowe U_{weR} na wejściu potencjometrem w zakresie $U_{weR} \in (-1; 1)V$ zmierzyć napięcie różnicowe U_{wyR} na wyjściu,
- wyniki zapisać w tabeli 1,
- analogicznie wykonać pomiary dla układów z rysunku 5 i 6.



Rysunek 5: Układ z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym



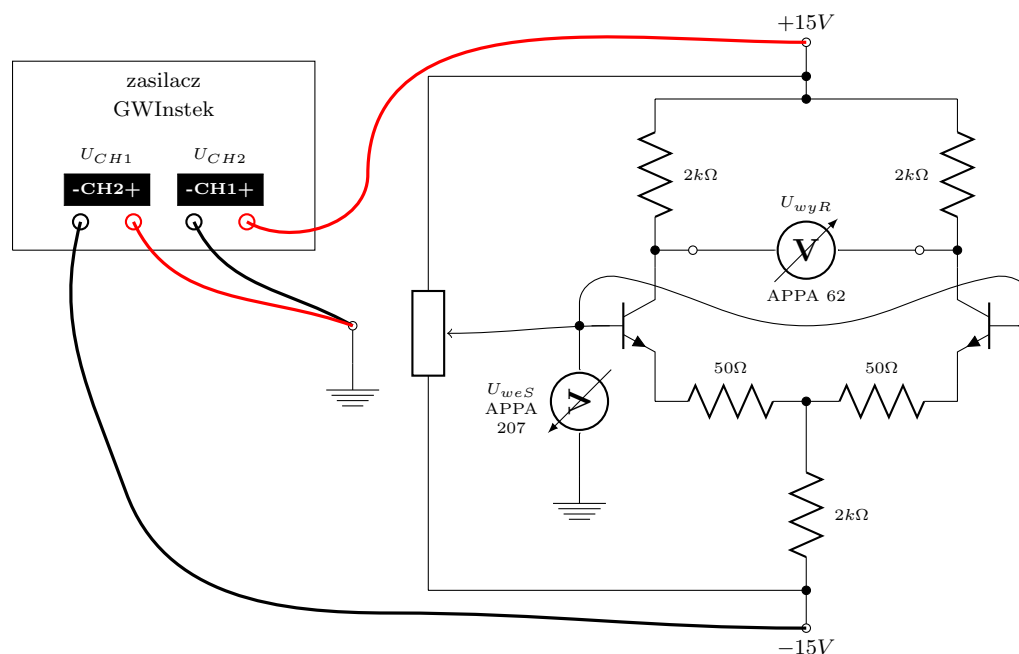
Rysunek 6: Układ z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem w postaci źródeł prądu



3.2 Wyznaczanie charakterystyki przejściowej $U_{wyR} = f(U_{weS})$

Wyznaczyć charakterystykę przejściową $U_{wyR} = f(U_{weS})$ dla układu:

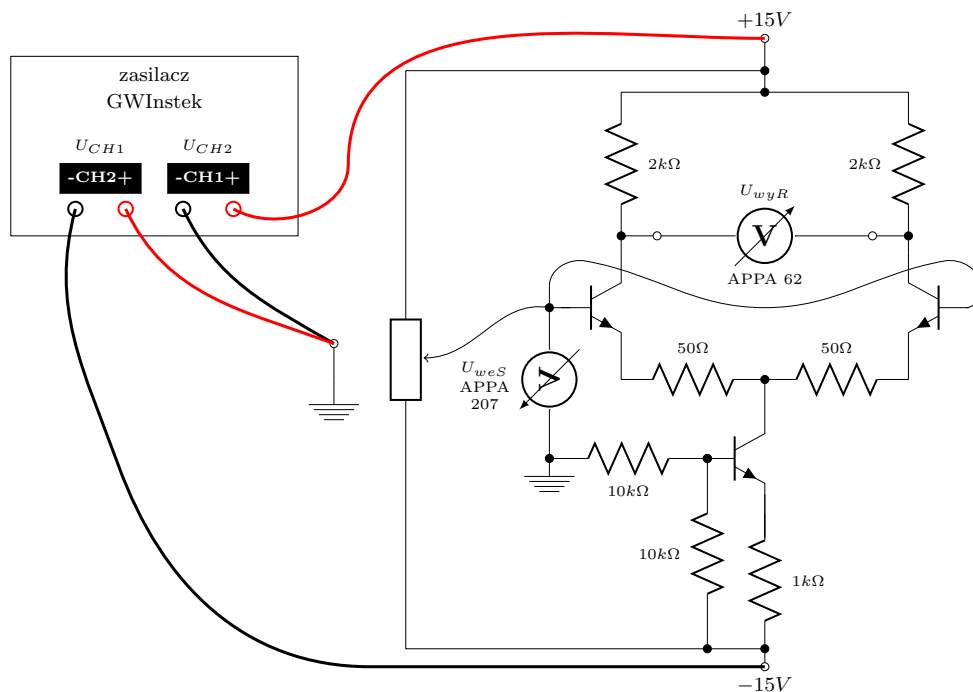
- z rezystorem w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym,
- z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym,
- z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem w postaci źródeł prądu.



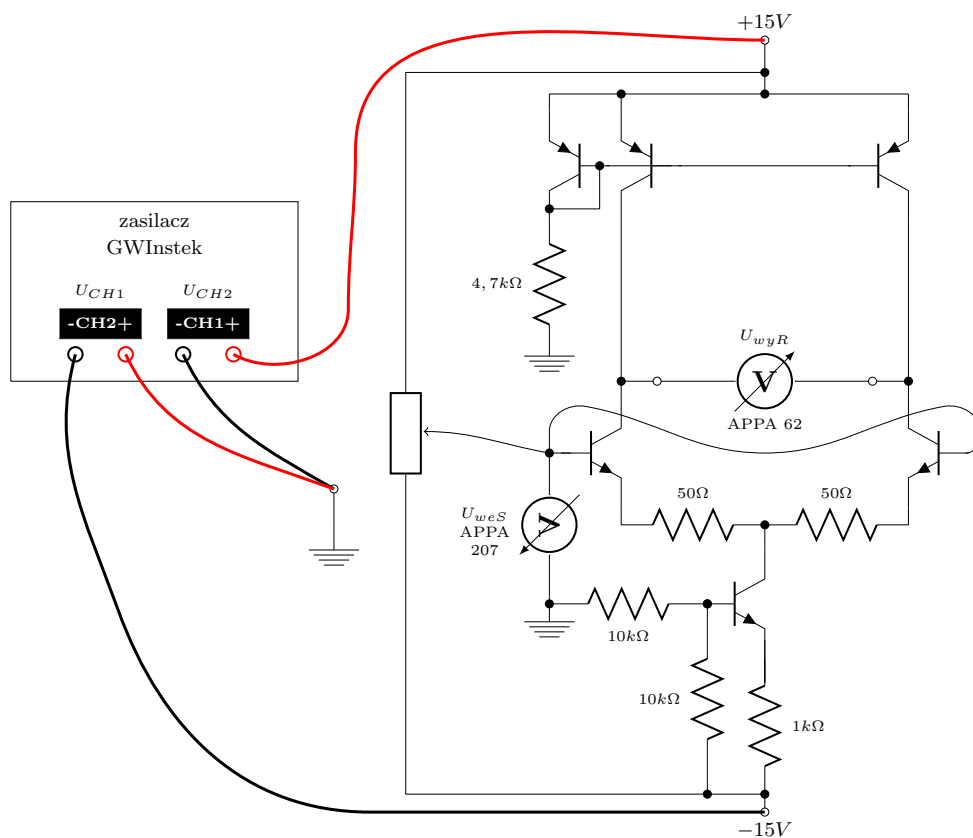
Rysunek 7: Układ z rezystorem w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym

W celu wykonania pomiarów:

- połączyć układ jak na rysunku 7,
- na kanale pierwszym i drugim zasilacza ustawić napięcie $U_{CH1} = U_{CH2} = 15V$ oraz ograniczenie prądu $I_{CH1max} = I_{CH2max} = 100mA$,
- zmieniając napięcie różnicowe U_{weS} na wejściu potencjometrem w zakresie $U_{weS} \in (-1; 1)V$ zmierzyć napięcie różnicowe U_{wyR} na wyjściu,
- wyniki zapisać w tabeli 2,
- analogicznie wykonać pomiary dla układów z rysunku 8 i 9.



Rysunek 8: Układ z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym



Rysunek 9: Układ z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem w postaci źródeł prądu



4 Sprawozdanie

4.1 Charakterystyki przejściowe

Wykreślić charakterystyki przejściowe $U_{wyR} = f(U_{weR})$ oraz $U_{wyR} = f(U_{weS})$ dla układu:

- z rezystorem w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym,
- z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem rezystancyjnym,
- z źródłem prądu w obwodzie emiterów i obciążeniem w postaci źródeł prądu.

4.2 Obliczenia

Obliczyć wzmocnienie napięciowe K_{uR} i K_{uS} oraz współczynnik tłumienia składowej sumacyjnej $CMRR$ dla badanych układów.

4.2 Porównanie badanych układów i wnioski

5 Niezbędne wyposażenie

- kalkulator naukowy
- protokół

