

KATEDRA ELEKTRONIKI AGH

LABORATORIUM
ELEMENTY ELEKTRONICZNE

ZŁĄCZOWY
TRANZYSTOR
POLOWY

REV. 0.51

1. CEL ĆWICZENIA

- Wyznaczenie podstawowych parametrów tranzystora unipolarnego takich jak:
 - o napięcie progowe,
 - o transkonduktancja,
 - o rezystancja wyjściowa,
 - o rozróżnienie zakresów pracy tranzystora (nasycony i nienasycony)

2. WYKORZYSTYWANE MODELE I ELEMENTY

W trakcie ćwiczenia wykorzystane zostaną:

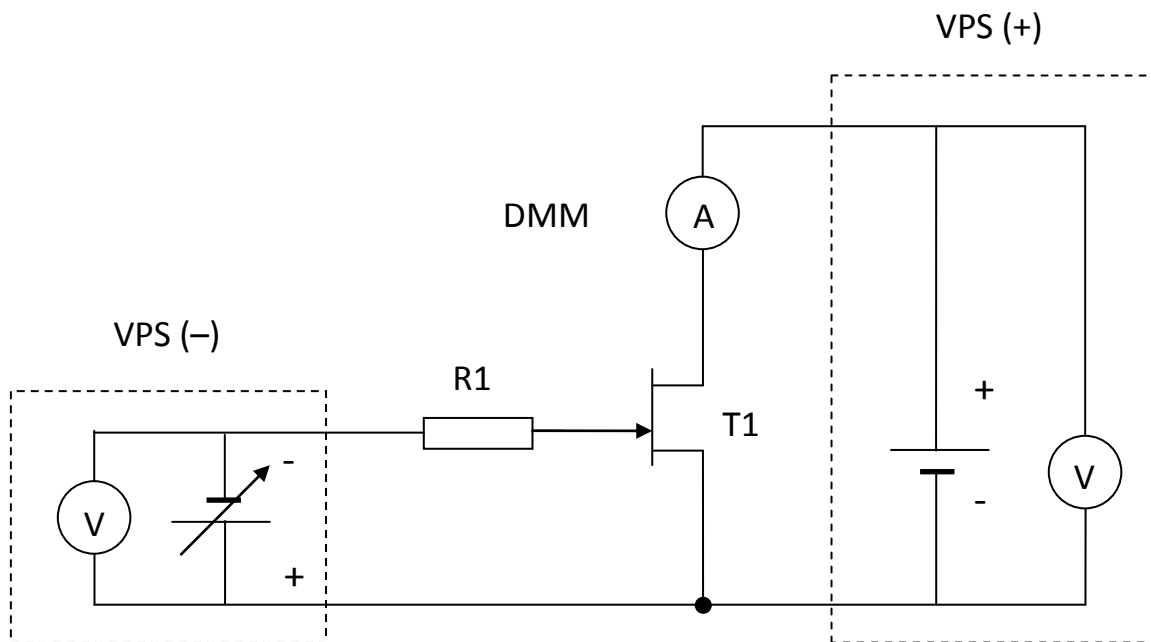
- płyta prototypowa NI ELVIS Prototyping Board (ELVIS) połączona z komputerem PC,
- wirtualne przyrządy pomiarowe: Virtual Instruments (VI):
 - Digital Multimeter (DMM),
 - Two-Wire Current-Voltage Analyzer (2-Wire)
 - Function Generator (FGENgen),
 - Variable Power Supplies (VPS)
 - Oscilloscope (Scope)
- oscyloskop cyfrowy Tektronix
- multimetr Agilent
- zestaw elementów przedstawionych w Tabeli 1.

Tabela 1. Wartości elementów do wykonania ćwiczenia

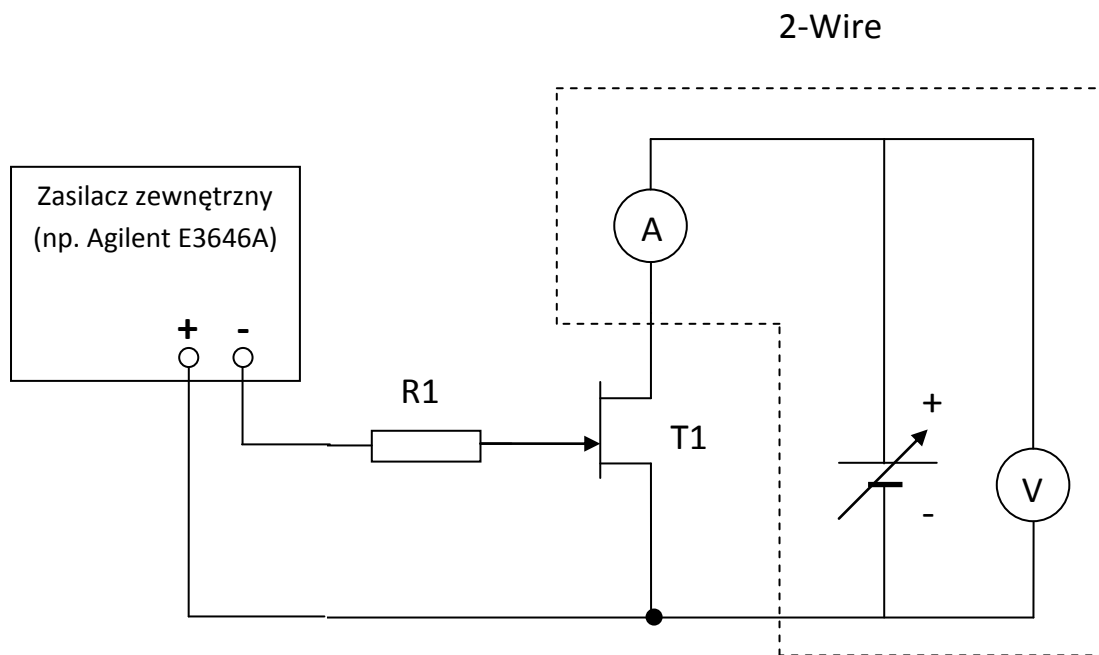
Rezystory	1x100 Ω , 1x1k Ω , 1x10k Ω , 1x100k Ω , 1M Ω
Kondensatory	2x1 μ F
Tranzystory	2xBF245

3. PRZYGOTOWANIE KONSPEKTU

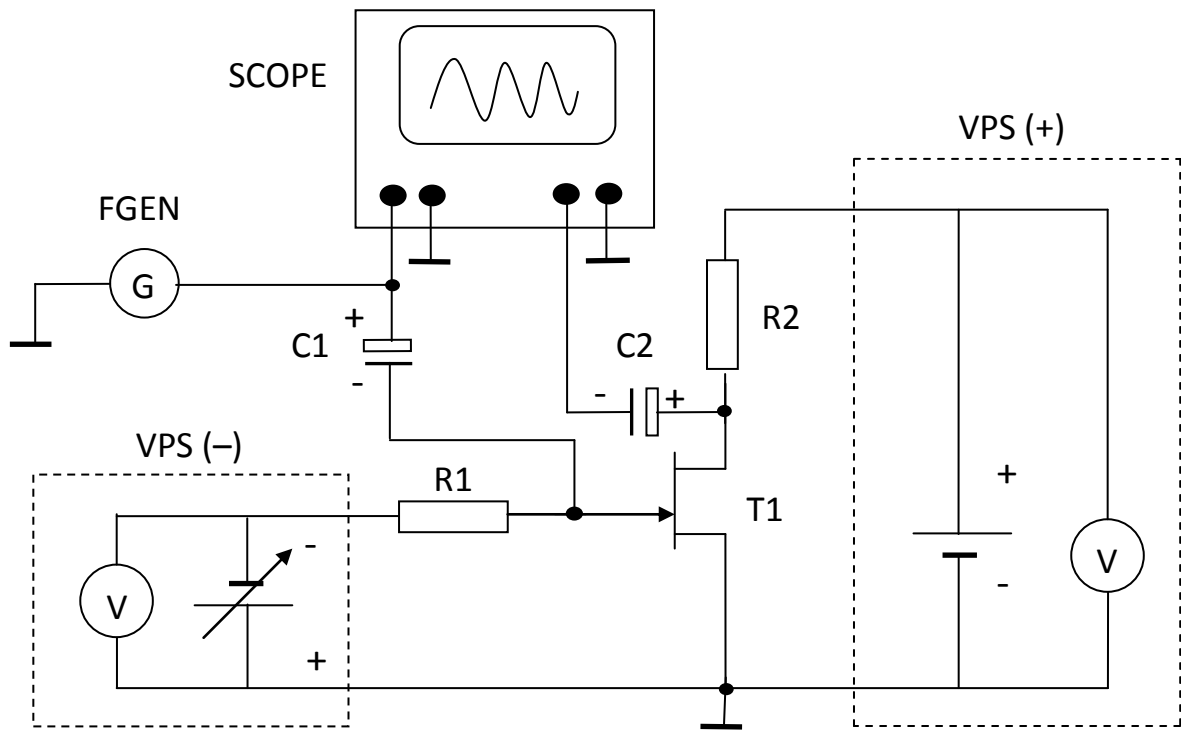
- 3.1. Narysuj charakterystyki wyjściową i przejściową złączowego tranzystora unipolarnego (j-FET) W celu weryfikacji przygotowanych charakterystyk przedstaw koncepcję przeprowadzenia odpowiednich pomiarów w środowisku NI ELVIS. Przeanalizuj zasadę działania układów pomiarowych przedstawionych na Rys.3.1, Rys.3.2, Rys.3.3 i Rys.3.4. Jakie są warunki poprawnego wyznaczania wartości transkonduktancji i rezystancji wyjściowej tranzystora j-FET za pomocą układów pomiarowych z Rys.3.3 i Rys.3.4 ?
- 3.2. Wykorzystując rysunek [płyty stykowej NI ELVIS](#) przygotuj rysunki montażowe dla układów pomiarowych w tym ćwiczeniu.



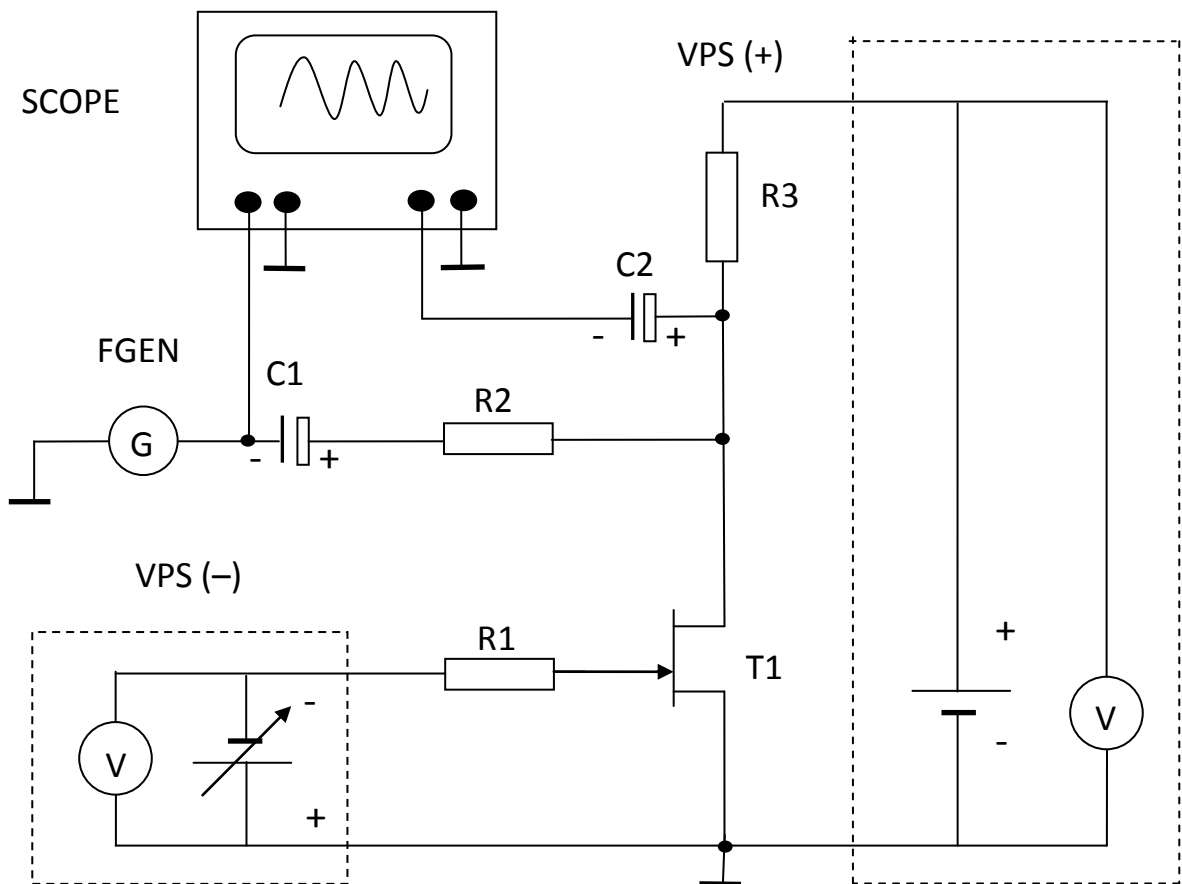
Rys. 3.1. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyk przejściowych.



Rys. 3.2. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyk wyjściowych.



Rys. 3.3 Układ pomiarowy do wyznaczania transkonduktancji metodą dynamiczną.



Rys. 3.4 Układ pomiarowy do wyznaczania rezystancji wyjściowej metodą dynamiczną.

4. PRZEBIEG ĆWICZENIA

4.1. Zestaw układ pomiarowy wg schematu z Rys.3.1. Wartość rezystora $R1 = 1\text{ M}\Omega$. Do pomiaru prądu użyj wirtualnego multimetru (DMM). Dla ustalonej wartości napięcia U_{DS} (VPS +) z zakresu $6 \div 8\text{ V}$, (ograniczenie prądowe $+20\text{ mA}$), zmieniaj U_{GS} , od 0 V z krokiem co $0,25\text{ V}$ (VPS –), aż do osiągnięcia wartości napięcia odcięcia (prąd przez tranzystor przestaje płynąć, pomimo polaryzacji napięciem U_{DS}). Powtórz pomiary dla wartości napięcia U_{DS} z zakresu $1 \div 3\text{ V}$. Zanotuj poszczególne wartości prądu I_D tranzystora j-FET otrzymane przy różnych wartościach napięcia U_{GS} . Narysuj charakterystyki przejściowe, dla dwóch napięć U_{DS} dla których wykonywano pomiary, wyznacz wartości I_{DSS} oraz U_p .

UWAGA: Zamiast wirtualnego multimetru DMM, można w pomiarach użyć zewnętrznego multimetru AGILENT zapewniający większą dokładność pomiarów. Osiągnięcie wartości prądu drenu I_D poniżej $1\text{ }\mu\text{A}$ można potraktować jako stan odcięcia: $U_{GS} = U_p$.

4.2. Pomiar charakterystyk wyjściowych można wykonać na dwa sposoby:

4.2.1. W układzie z Rys.3.1. zmieniając napięcie U_{DS} (VPS +) od 0 do 10 V . W zakresie do $|U_p|$ co $0,25\text{ V}$, a potem co 1 V . Napięcie U_{GS} (VPS –) należy zmieniać od 0 do $-U_p$ z krokiem podanym przez prowadzącego zajęcia.

4.2.2. Zestawiając układ pomiarowy wg schematu z Rys.3.2. Wartość rezystora $R1 = 1\text{ M}\Omega$. Aby uzyskać poprawne wartości prądów mierzonych przez analizator 2-Wire **należy nie korzystać** z masy ELVIS'a – GROUND. Zakres zmian wartości napięć U_{DS} przyjąć $0 \div 10\text{ V}$, krok zmian napięcia $\Delta U_{DS} = 0,2\text{ V}$, ograniczenie prądowe $+20\text{ mA}$ (2-Wire). Napięcie U_{GS} doprowadzone z zewnętrznego zasilacza, zmieniać w zakresie $0 \div U_p$, z krokiem podanym przez prowadzącego zajęcia, tak aby uzyskać kilka charakterystyk. Korzystając z opcji „log” zapisuj poszczególne charakterystyki wyjściowe tranzystora j-FET otrzymane przy różnych wartościach napięcia U_{GS} .

4.3. Zestaw układ pomiarowy wg schematu z Rys.3.3. Wartości elementów odpowiednio: $R1 = 1\text{ M}\Omega$, $R2 = 100\text{ }\Omega$, $C1 = 1\text{ }\mu\text{F}$, $C2 = 1\text{ }\mu\text{F}$. Wartości napięcia U_{DS} (VPS) przyjąć taką jak w części pierwszej zadania 4.1, U_{GS} zmieniane w zakresie $U_p \div 0\text{ V}$ (VPS –). Z generatora sygnałowego (FGEN) doprowadź sinusoidalny przebieg napięcia o częstotliwości 1 kHz i wartości międzyszczytowej 100 mV , a następnie zmierz na ekranie oscyloskopu (SCOPE) wartość międzyszczytową napięcia zmiennego u_{ds} , dla kilku wartości U_{GS} z zakresu: $U_p < U_{GS} < 0\text{ V}$. Wyznacz wartości transkonduktancji dynamicznej tranzystora j-FET odpowiadające napięciom polaryzacji bramki U_{GS} . Otrzymane wyniki porównaj z wartościami wyznaczonymi z charakterystyki przejściowej dla analogicznej wartości napięcia U_{DS} .

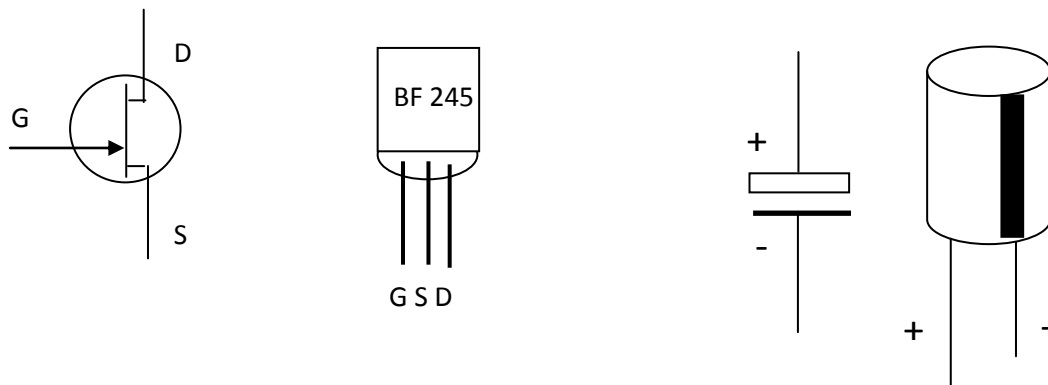
UWAGA: W przypadku zastosowania kondensatorów elektrolitycznych należy pamiętać o ich właściwej polaryzacji w układzie. Kondensatory aluminiowe mają na obudowie oznaczoną paskiem elektrodę podłączaną do niższego potencjału (–). Do podłączenia generatora należy wykorzystać bezpośrednio wyjście na płycie prototypowej (FGEN). Do podłączenia oscyloskopu należy użyć wyprowadzeń na płycie prototypowej, złącza A10 ÷ A17.

4.4. Zestaw układ pomiarowy wg schematu z Rys.3.4. Wartości elementów odpowiednio: $R1 = 1\text{ M}\Omega$, $R2 = 1\text{ k}\Omega$, $R3 = 100\text{ k}\Omega$, $C1 = 1\text{ }\mu\text{F}$, $C2 = 1\text{ }\mu\text{F}$. Wartości napięć U_{DS} i U_{GS} przyjmij takie, aby tranzystor pracował w zakresie liniowym. Np. $U_{GS} = 0$, $U_{DS} = 1...3\text{ V}$. Z generatora sygnałowego (FGEN) doprowadzić piłokształtny przebieg napięcia o

częstotliwości 1 kHz i wartości międzyszczytowej 100 mV. Następnie dla kilku wartości napięcia U_{GS} w zakresie $U_p \div 0 V$ zmierz na ekranie oscyloskopu (SCOPE) wartość międzyszczytową napięcia zmiennego u_{ds} . Wyznacz wartości rezystancji tranzystora j-FET odpowiadające napięciom polaryzacji bramki U_{GS} , otrzymane wyniki porównaj z wartościami wyznaczonymi z charakterystyk wyjściowych.

UWAGA: W przypadku zastosowania kondensatorów elektrolitycznych należy pamiętać o ich właściwej polaryzacji w układzie. Kondensatory aluminiowe mają na obudowie oznaczoną paskiem elektrodę podłączaną do niższego potencjału (-). Do podłączenia generatora należy wykorzystać bezpośrednie wyjście na płycie prototypowej (FGEN). Do podłączenia oscyloskopu należy użyć wyprowadzeń na płycie prototypowej, złącza A10 ÷ A17.

Wyprowadzenia elementów:



Uwaga: Kondensatory elektrolityczne tantalowe (żółta kropłowa obudowa) mają wyróżnione wyprowadzenie DODATNIEJ elektrody

5. LITERATURA

- [1] Wykład (I. Brzozowski, P. Dziurdzia)
 - [2] Behzad Razavi „Fundamentals of Microelectronics”
-