

KATEDRA ELEKTRONIKI AGH

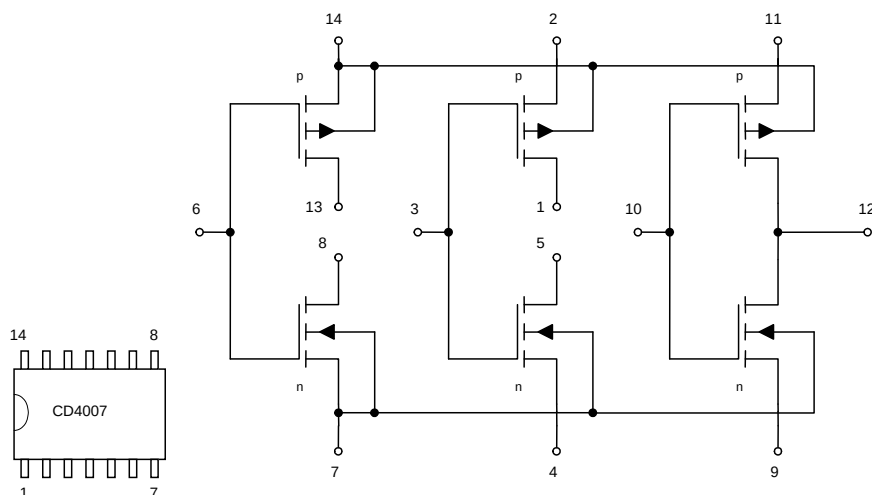
LABORATORIUM
ELEMENTY ELEKTRONICZNE

TRANZYSTOR
UNIPOLARNY
MOS

REV. 2.4

1. CEL ĆWICZENIA

- zapoznanie się z działaniem tranzystora unipolarnego MOS,
- wykreślenie charakterystyk napięciowo-prądowych tranzystorów n-MOSFET i p-MOSFET, tworzących pary komplementarne w układzie scalonym CD4007 (rys.1).
- wyznaczenie podstawowych parametrów tych tranzystorów na podstawie charakterystyk.



Rys.1. Schemat wewnętrzny układu scalonego CD4007

2. WYKORZYSTYWANE MODELE I ELEMENTY

W trakcie ćwiczenia wykorzystane zostaną:

- płyta prototypowa NI ELVIS Prototyping Board (ELVIS) połączona z komputerem PC,
- ploter I-V (dedykowana aplikacja pomiarowa)
- zewnętrzny zasilacz,
- zestaw elementów przedstawionych w Tabeli 1.

Tabela 1. Wartości elementów do wykonania ćwiczenia

Układ scalony	CD4007 (lub odpowiednik)
Rezystor	100 k Ω

3. PRZYGOTOWANIE KONSPEKTU

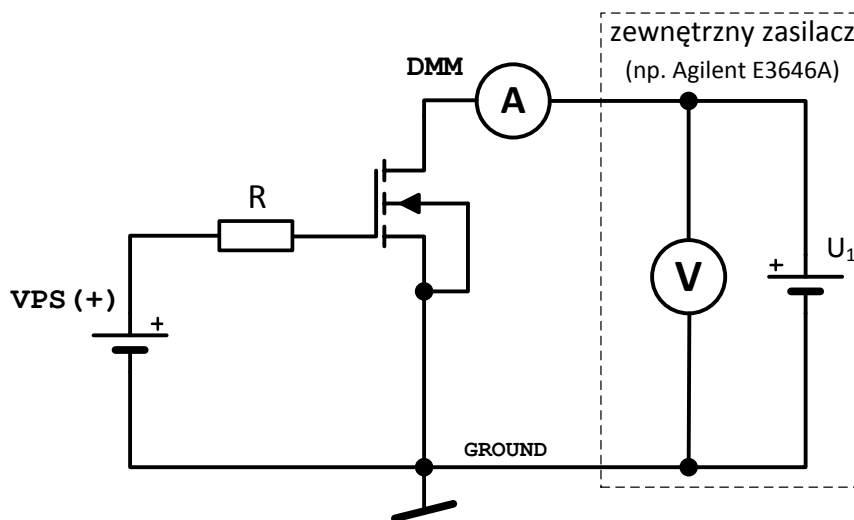
- 3.1. Narysuj charakterystyki przejściowe i wyjściowe tranzystora MOS wzbogacanego z kanałem *n* i kanałem *p*.
- 3.2. Wykorzystując rysunek [płyty stykowej NI ELVIS](#) przygotuj rysunki montażowe dla układów pomiarowych w tym ćwiczeniu.
- 3.3. Zapoznaj się z obsługą [Plotera I-V](#) (instrukcja na stronie przedmiotu).

4. PRZEBIEG ĆWICZENIA

4.1. Pomiary charakterystyk przejściowych tranzystora n-MOS

Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 2 wybierając jeden z tranzystorów dostępnych w układzie CD4007. Rezystor R służy do zabezpieczenia tranzystora przed uszkodzeniem, powinien mieć wartość np. 100 k Ω .

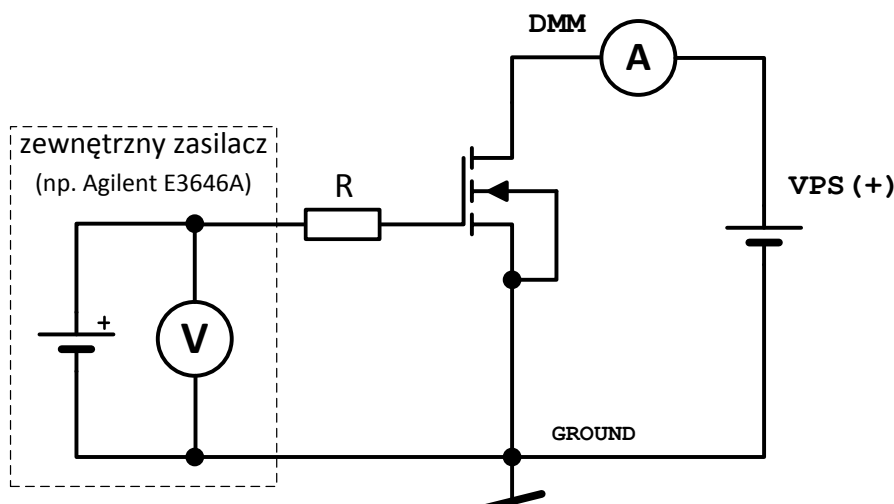
Wykorzystując *Plotter I-V* wykonaj pomiary rodziny charakterystyk przejściowych $I_D = f(U_{GS})$ tranzystora n-MOSFET w zakresie napięć dodatnich na bramce U_{GS} od 0 do 10 V dla kilku napięć U_{DS} z przedziału od 0 do 5 V. Krok zmian U_{GS} np.: 0,2 V (zmieniane automatycznie w *ploterze I-V*), a napięcia U_{DS} 2 V (zmieniane ręcznie w zasilaczu zewnętrznym) lub inne wartości zadane przez prowadzącego zajęcia.



Rys. 2. Schemat pomiarowy do pomiaru ch-ki przejściowej tranzystora n-MOS

4.2. Pomiary charakterystyk wyjściowych tranzystora n-MOS

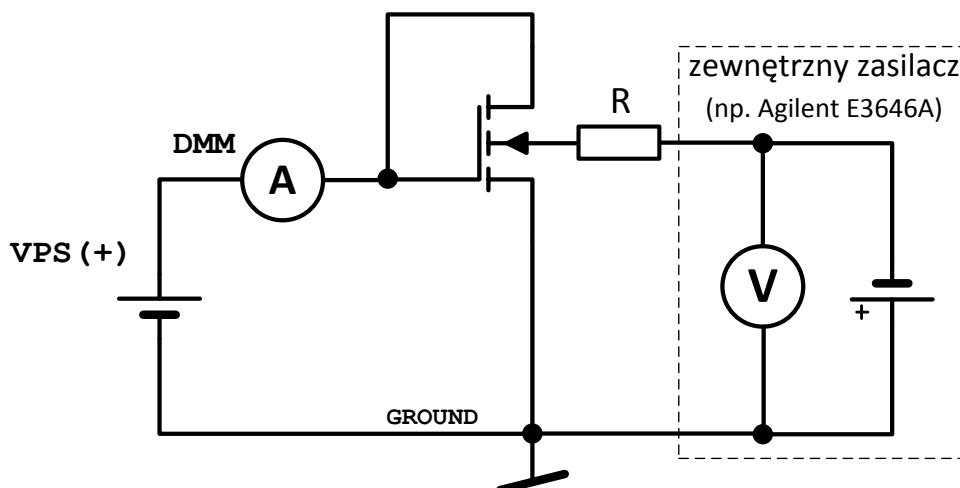
Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 3 wybierając jeden z tranzystorów dostępnych w układzie CD4007. Wykorzystując *Plotter I-V* wykonaj pomiary rodziny charakterystyk wyjściowych $I_D = f(U_{DS})$ tranzystora n-MOSFET w zakresie napięć U_{DS} od 0 do 10 V dla kilku stałych napięć na bramce (np.: $U_{GS} = 2, 4, 6, 8, 10$ V, krok $U_{DS} = 0,2$ V) lub innych wartości zadanych przez prowadzącego zajęcia (nie przekraczać $U_{DSmax} = 15$ V).



Rys. 3. Schemat pomiarowy do pomiaru ch-k wyjściowych tranzystora n-MOS

4.3. Badanie efektu objętościowego w tranzystorze n-MOS

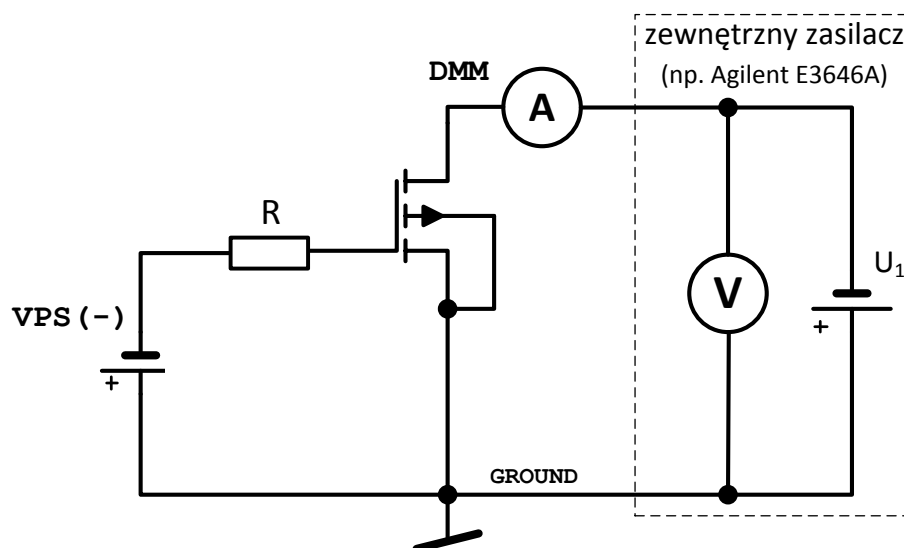
Badany tranzystor powinien pracować w zakresie nasycenia. Takie warunki zapewnia układ z rysunku 4. Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 4 wybierając jeden z tranzystorów dostępnych w układzie CD4007. Wykorzystując *Ploter I-V* wykonaj pomiary rodziny charakterystyk przejściowych $I_D = f(U_{GS})$ tranzystora n-MOSFET w zakresie napięć dodatnich na bramce $U_{GS} = 0$ do 10 V dla kilku stałych wartości napięcia U_{BS} (np.: $U_{BS} = 0, -2, -4, -6, -8, -10$ V, krok $U_{GS} = 0,2$ V) lub innych wartości zadanych przez prowadzącego zajęcia.



Rys. 4. Schemat pomiarowy do wyznaczania współczynnika γ tranzystora n-MOS

4.4. Pomiary charakterystyk przejściowych tranzystora p-MOS

Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 5 wybierając jeden z tranzystorów dostępnych w układzie CD4007. Wykorzystując *Ploter I-V* wykonaj pomiary rodziny charakterystyk przejściowych $I_D = f(U_{GS})$ tranzystora p-MOSFET w zakresie napięć ujemnych na bramce U_{GS} od 0 do -10 V dla kilku napięć U_{DS} z przedziału od 0 do -10 V. Krok zmian U_{GS} np.: 0,2 V (zmieniane automatycznie w *ploterze I-V*), a napięcia U_{DS} 2 V (zmieniane ręcznie w zasilaczu zewnętrznym) lub inne wartości zadane przez prowadzącego zajęcia.

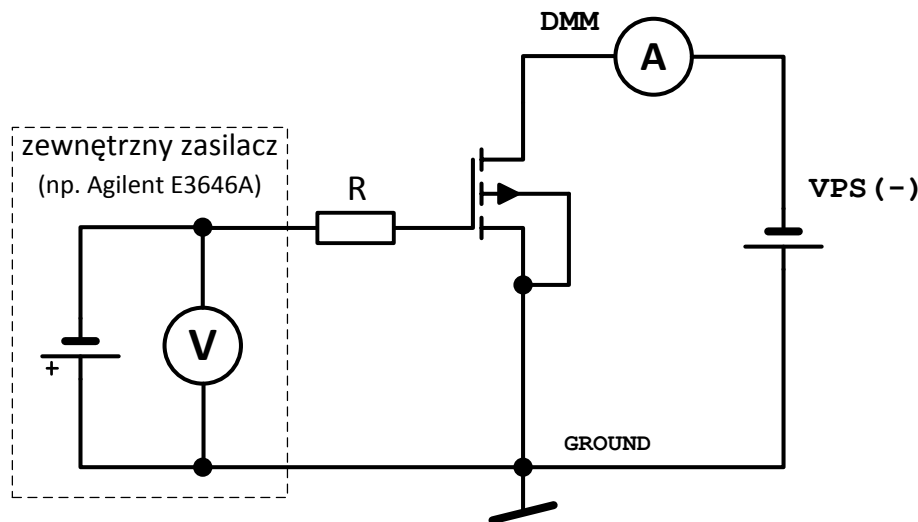


Rys. 5. Schemat pomiarowy do pomiaru χ -k przejściowych tranzystora p-MOS

4.5. Pomiary charakterystyk wyjściowych tranzystora p-MOS

Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 6 wybierając jeden z tranzystorów dostępnych w układzie CD4007. Wykorzystując *Ploter I-V* wykonaj pomiary rodziny charakterystyk wyjściowych $I_D = f(U_{DS})$ tranzystora p-MOSFET w zakresie napięć U_{DS} od 0 do -10 V dla kilku stałych napięć na bramce (np.: $U_{GS} = -2, -4, -6, -8, -10\text{ V}$) lub innych zadanych przez prowadzącego zajęcia.

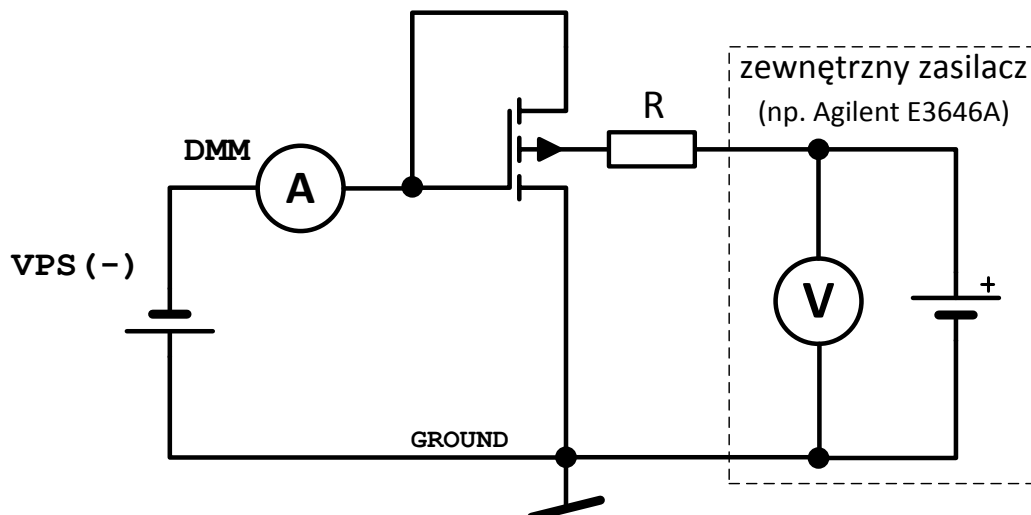
UWAGA: ustawienia *Plotera I-V* mogą być następujące: napięcie początkowe 0 V , a napięcie końcowe -10 V , krok $0,2\text{ V}$ ($U_{DSmax} = -15\text{ V}$). Wtedy charakterystyka będzie rysowana w trzeciej ćwiartce układu współrzędnych począwszy od 0.



Rys. 6. Schemat pomiarowy do pomiaru ch-k wyjściowych tranzystora p-MOS

4.6. Badanie efektu objętościowego w tranzystorze p-MOS

Badany tranzystor powinien pracować w zakresie nasycenia. Takie warunki zapewnia układ z rysunku 7, gdy $U_{DS} = U_{GS}$. Zmontuj układ pomiarowy wg rysunku 7 wybierając jeden z tranzystorów dostępnych w układzie CD4007. Wykorzystując *Ploter I-V* wykonaj pomiary rodziny charakterystyk przejściowych $I_D = f(U_{GS})$ tranzystora p-MOSFET w zakresie napięć ujemnych na bramce U_{GS} od 0 do -10 V dla kilku stałych wartości napięcia U_{BS} (np.: $U_{BS} = 0, 2, 4, 6, 8, 10\text{ V}$, krok $U_{GS} = -0,2\text{ V}$) lub innych wartości zadanych przez prowadzącego zajęcia.



Rys. 7. Schemat pomiarowy do wyznaczania współczynnika γ tranzystora p-MOS

5. OPRACOWANIE DANYCH POMIAROWYCH

5.1. Tranzystor n-MOS

- Na podstawie wyników zebranych w p. 4.1 wykreśl w sprawozdaniu charakterystyki przejściowe $I_D = f(U_{GS})$ na jednym wykresie. Wrysuj krzywą rozdzielającą zakres pracy liniowej od nasycenia i zaznacz te obszary na wykresie.
- Wykreśl pomocniczą charakterystykę $\sqrt{I_D} = f(U_{GS})$ dla przypadku pracy tranzystora w nasyceniu i wyznacz dokładną wartość napięcia progowego V_T .
Uwaga: Wystarczy jedna krzywa. Jeśli nie jest spełniony warunek nasycenia ($U_{DS} > U_{GS} - V_T$) dla wszystkich punktów pomiarowych, to należy ograniczyć zakres tych punktów.
- Na podstawie wyników zebranych w punkcie 4.2 wykreśl w sprawozdaniu charakterystyki wyjściowe $I_D = f(U_{DS})$ na jednym wykresie. Wrysuj krzywą rozdzielającą zakres pracy liniowej od nasycenia i zaznacz te obszary na wykresie. Wyznacz wartości prądu nasycenia drenu I_{DSS} dla tych napięć U_{GS} , dla których wykonano pomiary charakterystyk wyjściowych. Wyniki przedstaw w tabeli. Na podstawie powyższych charakterystyk wyznacz parametr λ .
- Na podstawie pomiarów prądu drenu zebranych w punkcie 4.3 wykreśl w sprawozdaniu charakterystyki $\sqrt{2I_D} = f(U_{GS} = U_{DS})$. Na ich podstawie wyznacz współczynnik objętościowy napięcia progowego γ oraz parametr β . Porównaj wyniki z wynikami uzyskanymi w poprzednim punkcie i wyciągnij wnioski.

5.2. Tranzystor p-MOS

Na podstawie wyników pomiarów uzyskanych w punktach 4.4, 4.5 i 4.6 wykonaj wykresy i obliczenia w sposób analogiczny do tych, jakie zrobiono dla tranzystora n-MOS.

6. LITERATURA

[1] Wykład

[2] W. Marciniak „Przyrządy półprzewodnikowe MOS”, WNT 1991