

TRANZISTOARE CU EFECT DE CÎMP

Obiective:

După realizarea acestui experiment vei fi capabil:

- să măsoari și să ridici curbele caracteristice de drenă pentru un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune (JFET);
- să folosești curbele caracteristice de drenă pentru a determina transconductanța unui JFET.

Materiale necesare:

Rezistoare: 500 Ω - 1 bucată

33 k Ω - 1 bucată

Tranzistor JFET cu canal N, tip 2N5458 sau echivalent

Teorie

Tranzistorul cu efect de câmp (FET) este un tranzistor comandat în tensiune, care folosește un câmp electrostatic pentru a controla curentul prin dispozitiv. În locul aceluia sandwich de materiale întâlnit la tranzistorul bipolar cu joncțiuni, FET-ul prezintă o structură semiconductoare dopată, într-un volum dat, numit canal. La un capăt al canalului este scos un terminal botezat sursă, iar la celălalt capăt este disponibil un alt terminal numit drenă. Curentul prin canal este controlat de un potențial aplicat la un al treilea terminal, numit poartă sau grilă.

Tranzistoarele cu efect de câmp sînt clasificate în:

- tranzistoare cu joncțiune (JFET);
- tranzistoare cu poartă izolată (IGFET). Dispozitivele cu poartă izolată sînt de asemenea numite MOSFET-uri (tranzistoare cu efect de câmp de tip metal oxid semiconductor).

Diferența esențială între tranzistoarele bipolare și tranzistoarele cu efect de câmp constă în aceea că BJT-urile folosesc un curent mic de bază pentru a controla un curent mai mare, pe cînd FET-urile folosesc o tensiune pe poarta tranzistorului pentru a controla curentul.

Cum la intrarea unui FET virtual nu avem nici un curent, înseamnă că impedanța de intrare este extrem de mare. Oricum, sensibilitatea la schimbarea tensiunii de intrare este mult mai mare la tranzistorul bipolar cu joncțiuni decît în cazul FET-urilor. Atît JFET-urile cît și MOSFET-urile au caracteristici de curent alternativ similare.

Poarta unui JFET este obținută dintr-un material de tip opus celui utilizat pentru canal, obținând astfel o joncțiune PN între poartă și canal. Aplicarea unei tensiuni de polarizare inversă pe această joncțiune scade conductivitatea canalului, reducând astfel curentul prin canal sursă-drenă. Joncțiunea porții nu este niciodată polarizată direct și deci nu avem practic curgere de curent prin joncțiune.

JFET-urile sînt utilizate sub două forme: cu canal N, respectiv canal P. Cele cu canal N sînt simbolizate în schemele electronice prin săgeată orientată spre conexiunea porții, în timp ce tranzistoarele cu canal P au săgeata orientată plecînd de la conexiune.

Curbele caracteristice de drenă prezintă cîteva diferențe importante în raport cu cele corespunzătoare pentru tranzistoarele bipolare. Pe lîngă faptul că este un dispozitiv controlat în tensiune, JFET-ul este un dispozitiv normal în starea ON. Cu alte cuvinte, o tensiune de polarizare inversă trebuie să fie aplicată pe joncțiunea poartă-sursă pentru a închide canalul și a bloca curgerea curentului drenă-sursă. Cînd poarta este scurtcircuitată la sursă, există un curent drenă-sursă maxim permis, botezat I_{DSS} . Caracteristicile JFET-ului evidențiază o regiune a curbelor caracteristice unde curentul de drenă este proporțional cu tensiunea drenă-sursă. Această regiune este numită regiune liniară sau ohmică, dispozitivul permițînd aplicații importante ca rezistență controlată în tensiune.

Un parametru util pentru estimarea cîștigului unui JFET este numit transconductanță, care este abreviat prin g_m . Deoarece curentul de ieșire este controlat de tensiunea de intrare, este important să gîndim FET-urile ca amplificatoare de transconductanță. Transconductanța poate fi găsită ca raportul dintre o mică variație a curentului de ieșire și o mică variație a tensiunii de intrare:

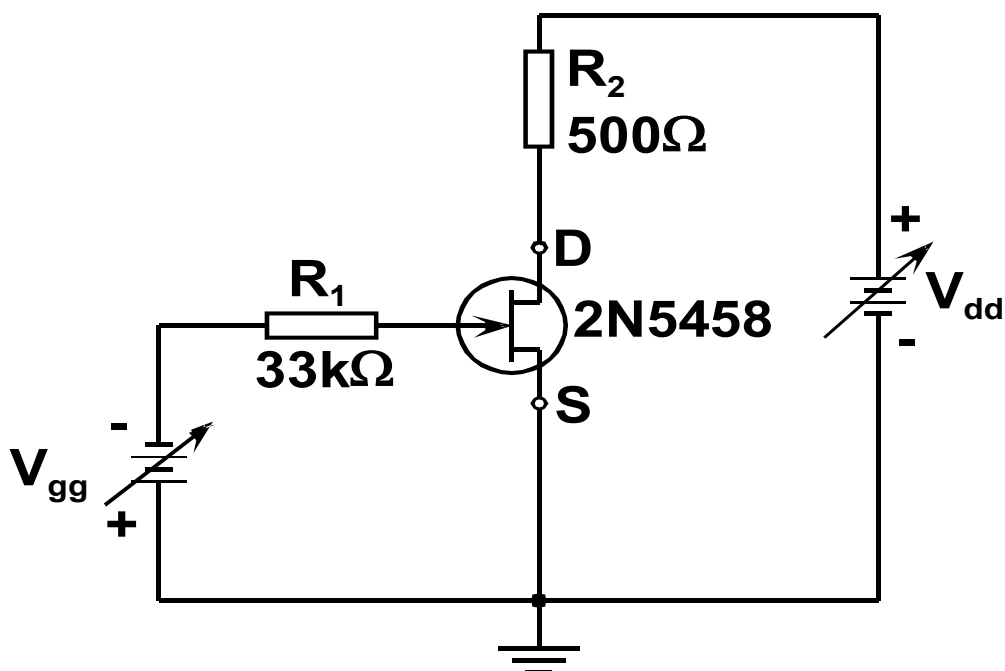
$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

Metoda de lucru

1. Măsurarea și înscrierea explicită a valorilor rezistoarelor în Tabel:

	Valoarea de catalog	Valoarea măsurată
R ₁	33 kΩ	
R ₂	100 Ω	

2. Construiți circuitul ilustrat în Figură:



Aducem cele două surse V_{GG} și V_{DD} la 0 V. Conectați un voltmetru între drenă și sursa tranzistorului. Păstrați V_{GG} la 0 V și creșteți încet V_{DD} pînă cînd V_{DS} atinge valoarea 1.0 V.

3. Cu V_{DS} menținut la 1.0 V, măsurați căderea de tensiune pe rezistorul R_2 . Calculați curentul de drenă I_D aplicînd legea lui Ohm pentru căderea de tensiune pe rezistorul R_2 . Să observăm că prin R_2 se stabilește un curent, același cu cel prin tranzistor I_D . Introduceți valoarea determinată pentru I_D în tabelul de mai jos, în coloana corespunzătoare pentru $V_{GG} = 0$ V.

	$V_{GG} = 0$ V		$V_{GG} = -1.0$ V		$V_{GG} = -2.0$ V	
V_{ds} măsurată	V_{R2} măsurată	I_d calculată	V_{R2} măsurată	I_d calculată	V_{R2} măsurată	I_d calculată
1.0 V						
2.0 V						
3.0 V						
4.0 V						
6.0 V						
8.0 V						

4. Fără a modifica valoarea lui V_{GG} , creșteți încet V_{DD} pînă la momentul cînd V_{DS} atinge valoarea 2.0 V. Apoi măsurați și înregistrați căderea de tensiune pe R_2 , respectiv tensiunea V_{R2} corespunzătoare pentru această valoare. Calculați I_D ca în pasul anterior și introduceți curentul calculat în tabelul de mai sus în coloana $V_{GG} = 0$ V.

5. Repetați pasul 4 pentru fiecare din valorile lui V_{DS} specificate în tabelul de mai sus.

6. Aduceți V_{GG} la valoarea - 1.0 V. Această tensiune este practic tensiunea între poartă și sursă, deoarece practic nu există curent de poartă în JFET și deci nu avem cădere de tensiune pe R_1 . Reajustați V_{DD} pînă la momentul în care $V_{DS} = 1.0$ V. Măsurați V_{R2} și introduceți valoarea tensiunii în Tabel. Calculați I_D și introduceți curentul astfel calculat în Tabel în coloana $V_{GG} = -1$ V.

7. Fără a modifica V_{GG} , ajustați V_{DD} pentru fiecare din valorile lui V_{DS} indicate în Tabel. Calculați curentul de drenă pentru fiecare din setări și introduceți valoarea respectivă în Tabel, în coloana $V_{GG} = -1.0$ V.

8. Ajustați V_{GG} pentru - 2.0 V. Repetați pașii 6 și 7, introducînd datele aferente în coloanele corespunzătoare pentru $V_{GG} = -2.0$ V.

9. Datele din Tabel reprezintă trei caracteristici de drenă pentru JFET-ul respectiv. Caracteristica de drenă oglindește dependența $I_D = f(V_{DS})$ pentru $V_{GG} = \text{constant}$. Alegeți scala pentru I_D care să permită evidențierea cît mai clară a curbei. Botezați fiecare curbă cu tensiunea V_{GG} pentru care a fost ridicată aceasta.

10. Determinați transconductanța g_m a tranzistorului la $V_{DS} = 6$ V. Determinați acest parametru observînd schimbarea în curentul de drenă între două curbe caracteristice la $V_{DS} = 6$ V și împărțind aceasta la variația tensiunii poartă-sursă. Vei fi capabil să găsești o transconductanță care este în concordanță cu domeniul specificat pentru JFET-ul folosit, tipic între 1000 μS la cîteva mii de μS .

Evaluare:

- a) Explicați cum găsiți I_{DSS} din curbele caracteristice ale JFET-ului.
- b) Din datele prelevate, care este I_{DSS} pentru JFET-ul utilizat?
- c) Folosind datele cînd tensiunea pe poartă este 0 V, explicați cum poți folosi JFET-ul ca o sursă de curent cu două terminale care dau curentul I_{DSS} .
- d) Datele experimentale indică cum că transconductanța este o constantă în toate punctele?

- e) Din datele experimentale, care dovezi indică că un JFET este un dispozitiv neliniar ?
- f) Stabiliți tensiunea de tăiere când $V_{GS} = 0$ V. Observați că mărimea lui V_{GS} este egală cu mărimea lui V_P , astfel că noi putem folosi curba caracteristică pentru $V_{GS} = 0$ V pentru a determina V_P . Folosind datele din acest experiment, determinați tensiunea de tăiere pentru JFET-ul utilizat.
- g) De ce un JFET poate funcționa numai prin polarizarea inversă a joncțiunii poartă-sursă ?