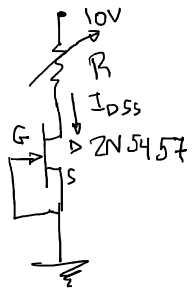


ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ: ΓΙΑ ΝΑ ΕΧΩ ΒΕΛΟΝΙΣΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΙΑΒΕΤΩ ΤΟ DATASHEET ΤΟΥ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

ΤΟ ΠΛΟ ΑΠΛΟ ΠΑΡΑΔΟΧΙΜΑ: ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩ ΤΟ JFET ΕΑΝ ΠΗΓΗ ΠΕΙΜΑΤΟΣ:

ON CHARACTERISTICS

Zero-Gate-Voltage Drain Current (Note 1) ($V_{DS} = 15 \text{ Vdc}$, $V_{GS} = 0$)	2N5457 2N5458	I_{DSS}	1.0 2.0	3.0 6.0	5.0 9.0	mAdc
--	------------------	-----------	------------	------------	------------	------



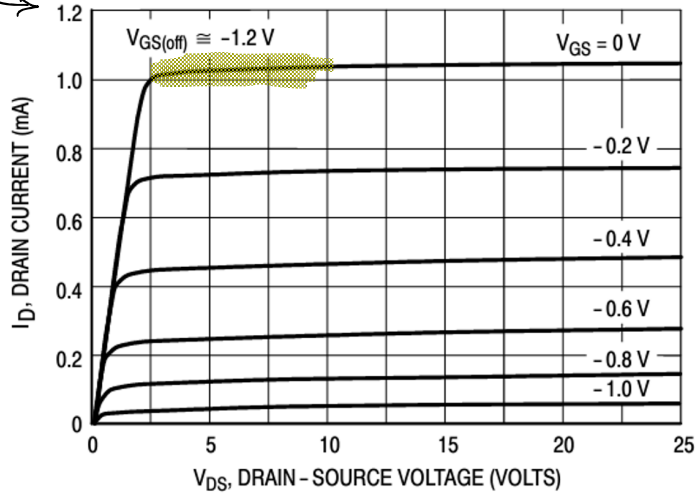
ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ I_D, V_{DS} ΠΑΡΑΤΗΡΩ ΟΤΙ ΟΤΙ ΟΤΑΝ $V_{DS} > 2.5 \text{ V}$ ΚΑΙ ΕΧΩ $V_{GS} = \phi$ ΤΟΤΕ $I_D \approx 1.1 \text{ mA}$

$$R_{MAX} = \frac{10 - \min V_{DS}}{I_{DSS}} = \frac{10 - 2.5}{1 \text{ mA}} = \frac{7.5 \text{ V}}{1 \text{ mA}} \Rightarrow$$

$$R_{MAX} = 7.5 \text{ k}\Omega$$

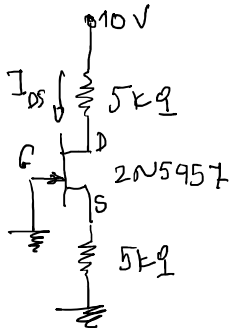
$$R_{MIN} = \frac{10 - 10}{I_{DSS}} = \phi \text{ k}\Omega$$

ΕΥΝΟΨΕ ΟΤΑΝ Η R ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΕΣΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ $[\phi, 7.5] \text{ k}\Omega$ ΤΟ ΡΕΥΜΑ ΠΟΥ ΤΗΝ ΔΙΑΡΡΕΙ ΕΙΝΑΙ ΕΓΓΕΡΟ, ΠΕΡΙΘΥ 1.1 mA ΤΟ 2N5457 ΛΕΤΟΥΡΓΕΙ ΕΤΗΝ ΚΙΤΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ



ΕΡΩΤΗΣΗ: ΕΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΕΙΣΗΜΙΟ ΛΗΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ JFET-2N5457;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ



ΑΠΟ ΚΥΛ ΕΧΩ $10 \text{ V} = 5 \text{ k}\Omega \cdot I_{DS} + V_{DS} + 5 \text{ k}\Omega I_{DS} = \phi \Rightarrow$
 $\Rightarrow 10 \text{ V} = (10 \text{ k}\Omega) I_{DS} + V_{DS}$ ΦΤΙΑΧΝΩ ΤΗΝ ΕΥΘΕΙΑ ΕΓΓΕΡΩ

ΕΣΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ I_D, V_{DS} ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΞΙΣΩΣΗ ΕΧΩ
 ΑΝ $V_{DS} = 10 \text{ V} \Rightarrow I_{DS} = \phi$ (ΕΙΣΗΜΙΟ Α)
 ΑΝ $I_{DS} = 1 \text{ mA} \Rightarrow V_{DS} = \phi$

ΕΠΙΣΤΕ ΓΝΩΡΙΖΩ ΟΤΙ $V_S = -V_{GS} = (5 \text{ k}\Omega) \cdot I_D$ (Α)

ΕΥΝΟΨΕ ΔΟΚΙΜΑΤΩ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ V_{GS} ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΖΩ ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΤΙΜΗ ΕΓΓΕΡΩ ΕΣΤΟ ΣΧΗΜΑ.

$V_{GS} = \phi \Rightarrow I_D = 1.1 \text{ mA}$ (ΕΙΣΗΜΙΟ Γ)

$V_{GS} = -0.2 \Rightarrow I_D = 0.72 \text{ mA}$ (-11. Δ)

...

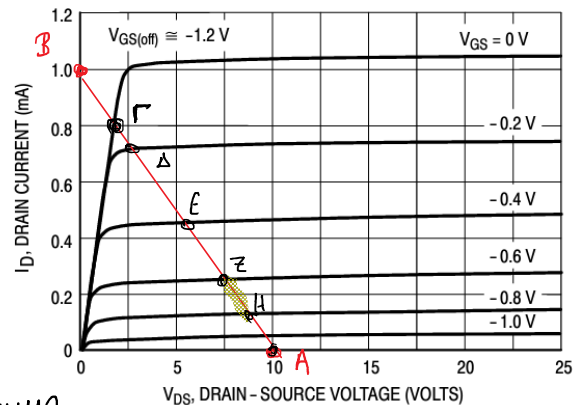


Figure 2. Typical Drain Characteristics

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ (Α) $\Rightarrow I_D = \phi$
 $I_D = \frac{0.2}{5 \text{ k}\Omega} = 0.04 \text{ mA}$

$$I_D = -\frac{V_{GS}}{5 \text{ k}\Omega}$$

ΑΠΟΤΙΜΩ $|0.72 - 0.04| = 0.68 \text{ mA}$

$$V_{GS} = -0.2 \Rightarrow I_D = 0.12 \text{ mA} \quad (-11 - \Delta) \quad \leftarrow \quad I_D = \frac{0.2}{5k\Omega} = 0.04 \text{ mA} \quad \left[\begin{array}{l} 5k\Omega \\ \text{ΑΠΟΧΛΗΣΗ } |0.12 - 0.04| = 0.08 \text{ mA} \end{array} \right]$$

$$V_{GS} = -0.4 \Rightarrow I_D = 0.43 \text{ mA} \quad (-11 - \epsilon) \quad \leftarrow \quad I_D = \frac{0.4}{5k\Omega} = 0.08 \text{ mA} \rightarrow -11 \quad |0.43 - 0.08| = 0.35 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = -0.6 \Rightarrow I_D = 0.25 \text{ mA} \quad (-11 - \zeta) \quad \leftarrow \quad I_D = \frac{0.6}{5k\Omega} = 0.12 \text{ mA} \rightarrow -11 \quad |0.25 - 0.12| = 0.13 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = -0.8 \Rightarrow I_D = 0.1 \text{ mA} \quad (-11 - \eta) \quad \leftarrow \quad I_D = \frac{0.8}{5k\Omega} = 0.16 \text{ mA} \rightarrow -11 \quad |0.1 - 0.16| = 0.06 \text{ mA}$$

ΜΕΓΑΛΥΝΕΤΑΙ ↓ ↑ ΑΤΕΛΕΣΤΕΤΑ

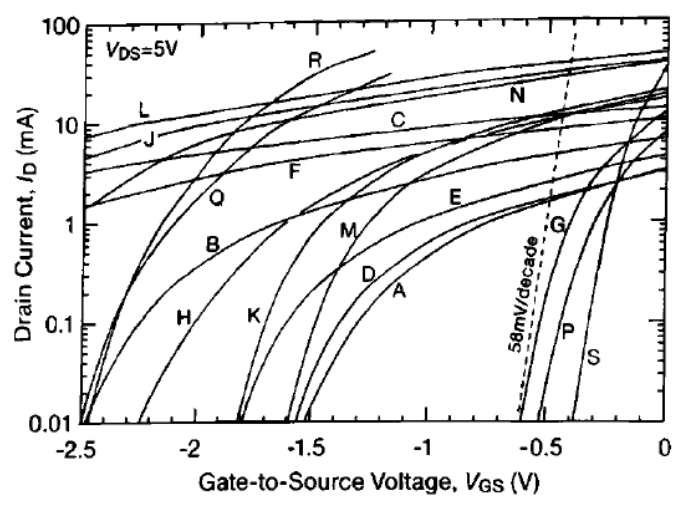
ΠΑΡΑΤΗΡΩ ΟΤΙ ΑΝ ΜΕΦΕΞ ΑΔΟΜΑ ΠΕΡΙΕΣΟΤΕΡΟ ΤΟ V_{GS} ΤΟΤΕ ΤΟ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟ I_D ΘΑ ΑΥΞΗΘΕΙ, ΓΕΓΟΝΟΣ ΠΟΥ ΘΑ ΜΟΥ ΑΥΞΗΣΕΙ ΤΟ ΤΟ ΣΦΑΛΜΑ. ΤΟ ΕΡΩΤΩ ΕΠΙΜΕΛΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΘΑ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΠΡΟΦΑΝΩΣ ΣΤΗΝ ΚΥΡΙΑ ΥΠΟΓΡΑΜΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΚΚΙΝΗΣΕ ΕΥΘΕΙΑΣ ☺

ΤΟ JFET ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΟΡΟΥ (ΕΦ ΜΕΡΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ ΒΑΔΑΤΕ ΤΗΝ ΟΝΟΜ "ΕΝΕΡΓΟ ΠΕΡΙΟΧΗ")

ΠΩΣ ΕΚΤΙΜΩΜΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΤΕΡΕΧΟΥΝ J-FET.

- ΚΑΙ ΕΜΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟ: ΒΡΙΣΚΟΥΜΕ ΣΤΟ INTERNET ΤΟ DATASHEET ΤΟΥ JFET ΠΟΥ ΜΑΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΕΙ.
- ΑΝ ΔΕΝ ΕΧΟΥΜΕ ΣΧΕΔΙΑΣΕΙ ΝΑ ΔΟΥΛΕΥΟΥΜΕ ΜΕ ΕΝΑ ΕΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ J-FET ΤΟΤΕ ΦΑΧΝΟΥΜΕ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥΣ ΓΙΑ ΝΑ ΕΠΙΛΕΞΟΥΜΕ ΕΚΕΙΝΟ ΠΟΥ ΤΑΙΡΙΑΖΕΙ ΣΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

Part #	Curve	I_{DSS} (mA)	$V_{GS(off)}$		measured at 1mA			C_{rss} (pF)	R_{on} (Ω)
			min (V)	max (V)	V_{GS} (V)	g_m (mS)	G_{max}^b (V/V)		
2N5484	A	1-5	-0.3	-3	-0.73	2.3	180	1	-
2N5485	B	4-10	-0.4	-4	-1.7	2.1	110	1	-
2N5486	C	8-20	-2	-6	-2.4	2.1	50	1	-
2N5457	D	1-5	-0.5	-6	-0.81	2.0	200	1.5	-
2N5458	E	2-9	-1	-7	-2.3	2.3	170	1.5	-
2N5459	F	4-16	-2	-8	-2.8	2.0	100	1.5	-
BF862	G	10-25	-0.3	-1.2	-0.40	12	250	1.9	-
J309	H	12-30	-1	-4	-1.6	4.2	300	2	50
J310	J	24-60	-2	-6.5	-3.0	4.3	100	2	50
J113	K	2-	-0.5	-3	-1.5	5.7	140	3	50
J112	L	5-	-1	-5	-3.3	5	100	3	30
PN4393	M	5-30	-0.5	-3	-0.83	6.2	100	3.5	100
PN4392	N	25-75	-2	-5	-2.6	5.4	130	3.5	60
LSK170B	P	6-12	-0.2	-2	-0.09	11	160	5	-
J110	Q	10-	-0.5	-4	-1.2	6.1	220	8	18
J107	R	100-	-0.5	-4.5	-2.6	8.2	340	35	8
J105	-	500-	-4.5	-10	-8.7	6.4	60	35	3
IF3601	S	30-	-0.04	-3	-0.24	27	1400	300	-



Notes: (a) sorted by family C_{rss} , and within each family by increasing I_{DSS} . (b) $G_{max} = g_m / g_{os}$, the maximum grounded-source voltage gain into a current source as drain load; G_{max} is proportional to V_{DS} (tabulated values are at $V_{DS} = 5V$), and for most JFETs G_{max} is relatively constant over varying I_D .

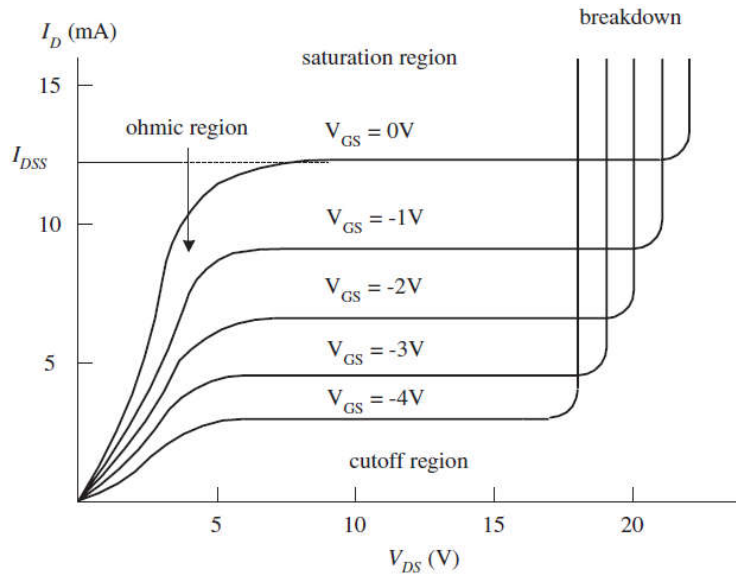
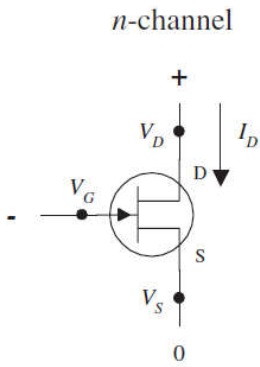


FIGURE 4.73

**DRAIN CURRENT
(OHMIC REGION)** ΩΜΙΕΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Ε1
$$I_D = I_{DSS} \left[2 \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS,off}} \right) \frac{V_{DS}}{-V_{GS,off}} - \left(\frac{V_{DS}}{V_{GS,off}} \right)^2 \right]$$

**DRAIN CURRENT
(ACTIVE REGION)** ΤΕΡΜΟΧΗ ΚΑΤΩ

Ε2
$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS,off}} \right)^2$$

**DRAIN-SOURCE
RESISTANCE**

Ε3
$$R_{DS} = \frac{V_{DS}}{i_D} \approx \frac{V_{GS,off}}{2I_{DSS}(V_{GS} - V_{GS,off})} = \frac{1}{g_m}$$

ON RESISTANCE

Ε4
$$R_{DS,on} = \text{constant}$$

**DRAIN-SOURCE
VOLTAGE**

Ε5
$$V_{DS} = V_D - V_S$$

TRANSCONDUCTANCE
ΑΓΓΙΜΟΤΗΤΑ ΚΕΡΑΜΕΣ

Ε6
$$g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_{V_{DS}} = \frac{1}{R_{DS}} = g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS,off}} \right) = g_{m0} \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

**TRANSCONDUCTANCE
FOR SHORTED GATE**
ΑΓΓΙΜΟΤΗΤΑ ΒΡΑΧΥΚΥΜΑΜΕΝΗΣ ΠΥΛΗΣ (GATE)

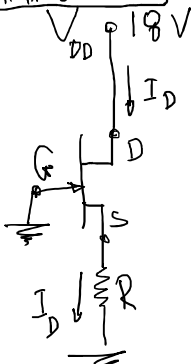
Ε7
$$g_{m0} = \left| \frac{2I_{DSS}}{V_{GS,off}} \right|$$

An n-channel JFET's $V_{GS,off}$ is negative. A p-channel JFET's $V_{GS,off}$ is positive.

$V_{GS,off}$, I_{DSS} are typically the knowns (you get their values by looking them up in a data table or on the package).

Typical JFET values:
 I_{DSS} : 1 mA to 1 A
 $V_{GS,off}$:
 -0.5 to -10 V (n-channel)
 0.5 to 10 V (p-channel)
 $R_{DS,on}$: 10 to 1000 Ω
 BV_{DS} : 6 to 50 V
 g_m at 1 mA:
 500 to 3000 μmho

ΠΑΡΑ ΕΙΜΑΣ



ΓΙΑ ΤΟ n-channel JFET ΓΝΩΡΙΖΩ $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$, $V_{GS,off} = -4 \text{ V}$.

$R = 1 \text{ k}\Omega$. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕ ΤΟ I_D

ΑΠΑΝΤΗΣΗ:

ΟΠΩΣ ΚΑΙ ΣΤΑ BJT ΥΠΟΒΕΤΩ ΟΤΙ ΤΟ J-FET ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΕΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΕΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΟΡΕΜΟΥ Ε2

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS,off}} \right)^2 = 8 \left(1 + \frac{V_{GS}}{4} \right)^2 \text{ mA} \Rightarrow I_D = \left(8 + 4V_{GS} + \frac{V_{GS}^2}{2} \right) \text{ mA} \Rightarrow -V_{GS} = 8 + 4V_{GS} + \frac{V_{GS}^2}{2}$$

ΓΝΩΡΙΖΩ ΕΝΔΕΧΣ ...

$$= 0 \left(1 + \frac{V_s}{-4} \right) \text{mA} \Rightarrow I_D = \left(8 + 4V_{GS} + \frac{V_{GS}^2}{2} \right) \text{mA} \Rightarrow -V_{GS} = 8 + 4V_{GS} + \frac{V_{GS}^2}{2}$$

ΓΝΩΡΙΖΟΥΜΕ ΟΤΙ: $V_{GS} = -V_s = R I_D \Rightarrow I_D = -\frac{V_{GS}}{1} \text{mA}$ (1)

$$\Rightarrow V_{GS}^2 + 10V_{GS} + 16 = 0 \Rightarrow \begin{cases} V_{GS} = -2V \\ V_{GS} = -8V \end{cases}$$

$V_{GS} = -8V \leftarrow$ ΑΔΥΝΑΤΟΝ ΔΙΟΤΙ ΤΟ JFET ΕΧΕΙ ΥΠΟΘΕΣΗ ΟΤΙ ΕΙΝΑΙ ΕΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΡΕΜΟΥ ☺

ΑΝΤΙΚΑΘΙΣΤΕΣ ΕΤΗΝ (1) ΕΧΕΙ $I_D = -\frac{-2}{1} \text{mA} = -2 \text{mA} \Rightarrow \boxed{I_D = -2 \text{mA}}$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2: ΔΙΑΘΕΤΕΤΕ JFET ΠΟΥ ΕΧΕΙ $V_{GS,OFF} \approx -4V$ ΚΑΙ $I_{DSS} = 12 \text{mA}$.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ I_D , g_m , R_{DS} ΟΤΑΝ Η $V_{GS} = -2V$ ΥΠΟΘΕΤΟΝΤΑΣ ΟΤΙ ΤΟ JFET ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΗΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΡΕΜΟΥ

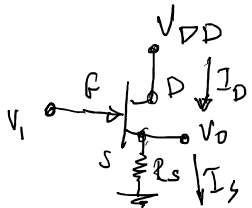
ΑΠΑΝΤΗΣΗ: ΑΠΟ (Ε2) ΕΧΕΙ: $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS,OFF}} \right)^2 = 12 \left(1 - \frac{-2}{-4} \right)^2 = 3 \text{mA}$

ΑΠΟ (Ε7) $\Rightarrow g_{m0} = \left| \frac{2I_{DSS}}{V_{GS,OFF}} \right| = \frac{2 \times 12}{4V} \text{mA} = 6 \text{mS} \Rightarrow \boxed{I_D = 3 \text{mA}}$

ΑΠΟ (Ε8) $\Rightarrow g_m = g_{m0} \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} = (6 \text{mS}) \sqrt{\frac{3}{12}} = 3 \text{mS}$

ΣΥΝΕΠΩΣ Η ΙΣΧΥΝΑΜΗ ΑΥΤΙΣΤΑΣΗ $R_{DS} = \frac{1}{g_m} = \frac{1}{3 \text{mS}} = 333 \Omega \Rightarrow \boxed{R_{DS} = 333 \Omega}$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3: ΝΑ ΔΟΥΜΕ ΠΩΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΕΤΑΙ ΤΟ ΑΚΟΛΟΥΘΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΟΥ ΟΝΟΜΑΖΕΤΑΙ ΑΚΟΛΟΥΘΗΤΗΣ ΠΗΓΗΣ (ΜΟΙΑΖΕΙ ΜΕ ΤΟΝ ΑΚΟΛΟΥΘΗΤΗ ΕΚΛΟΜΗΘΟΥ ΣΤΑ ΒJT)



ΑΠΑΝΤΗΣΗ:

$$V_S = R_S I_S = V_O$$

$$\begin{aligned} I_D &= g_m V_{GS} = g_m (V_G - V_S) = g_m (V_I - V_O) \\ I_S &= I_D \end{aligned} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_O}{R_S} = I_S = I_D = g_m (V_I - V_O) \Rightarrow V_O = R_S g_m (V_I - V_O) \Rightarrow \frac{V_O}{V_I} = \frac{V_S}{V_G} = \frac{R_S g_m}{1 + R_S g_m}$$

$A_v \approx 1$ $\Rightarrow \frac{V_O}{V_I} \approx 1$ ☺ Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΗΤΗ ΠΗΓΗΣ ΣΤΑ JFET ΕΙΝΑΙ ~~ΙΣΟΝΑΜΙΑ~~ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΕ ΤΟΝ ΑΚΟΛΟΥΘΗΤΗ ΕΚΛΟΜΗΘΟΥ ΣΤΑ ΒJT

J-FET

BJT

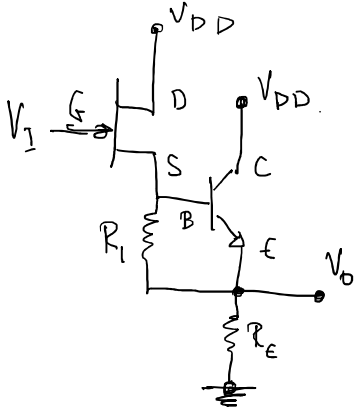
J-FET

ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ ↓
 ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ↑
 ΜΙΚΡΗ -||- ΕΞΟΔΟΥ ↑
 ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ DC ↓

BJT

ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ ↑
 ΕΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕΓΑΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ↙
 ΜΙΚΡΗ -||- ΕΞΟΔΟΥ ↑
 ΕΣΤΑΘΕΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ DC (-0.7V) ↑

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4: ΒΕΤΤΙΩΜΕΝΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ 1:



$$V_I = V_{GS} + V_{BE} + V_o \Rightarrow V_o = V_I - V_{GS} - V_{BE}$$

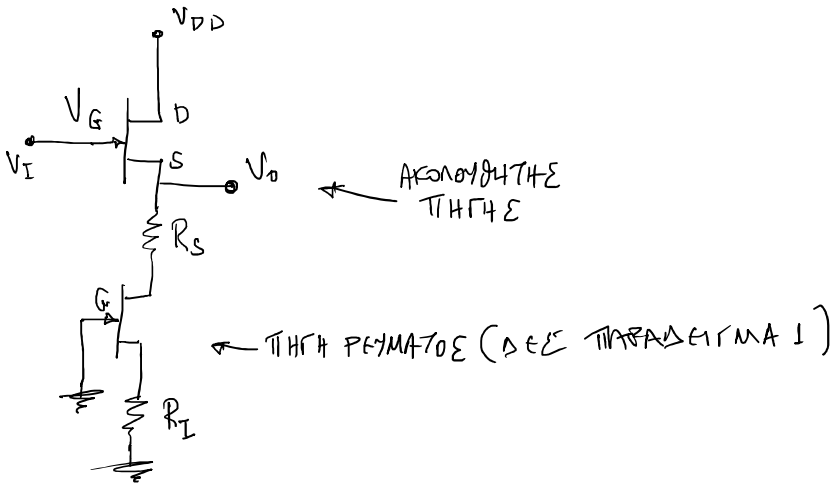
BJT: ΕΝΕΡΓΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗ.

JFET: ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΟΡΟΥ.

ΤΙΛΕΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

ΠΟΛΛΗ ΚΑΛΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ
 ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ
 ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ -||- ΕΞΟΔΟΥ

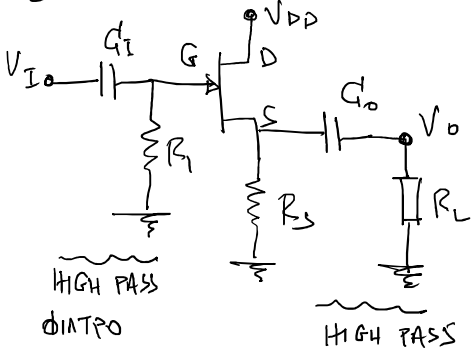
ΒΕΤΤΙΩΜΕΝΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ 2:



ΑΚΟΛΟΥΘΗΤΗΣ ΤΗΓΗΣ

ΤΗΓΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (ΔΕΕ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1)

JFET ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ



$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{g_m R_s}{g_m R_s + 1}$$

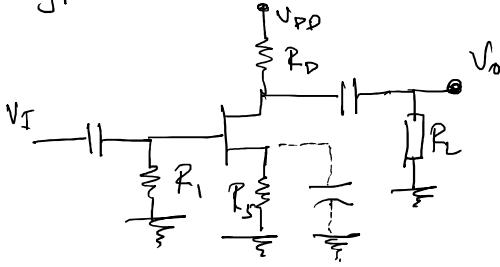
(ΑΓΝΩΘΟΥΜΕ ΠΥΚΝΩΤΕΣ)

(ΔΕΕ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.)

HIGH PASS
ΦΙΛΤΡΟ

HIGH PASS

JFET ΕΠΙΧΥΤΗΣ ΤΑΣΗΣ



$$\frac{V_o}{V_i} = g_m \frac{R_D R_L}{R_D + R_L} \quad (\text{ΑΓΝΩΟΥΜΕ ΤΥΧΝΩΤΕΣ})$$

ΛΑΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ JFET ΕΤΗΝ ΩΜΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: $\rightarrow V_{DS} < V_{GS} - V_{GS,OFF}$ ΚΑΙ $V_{GS} > V_{GS,OFF}$

