

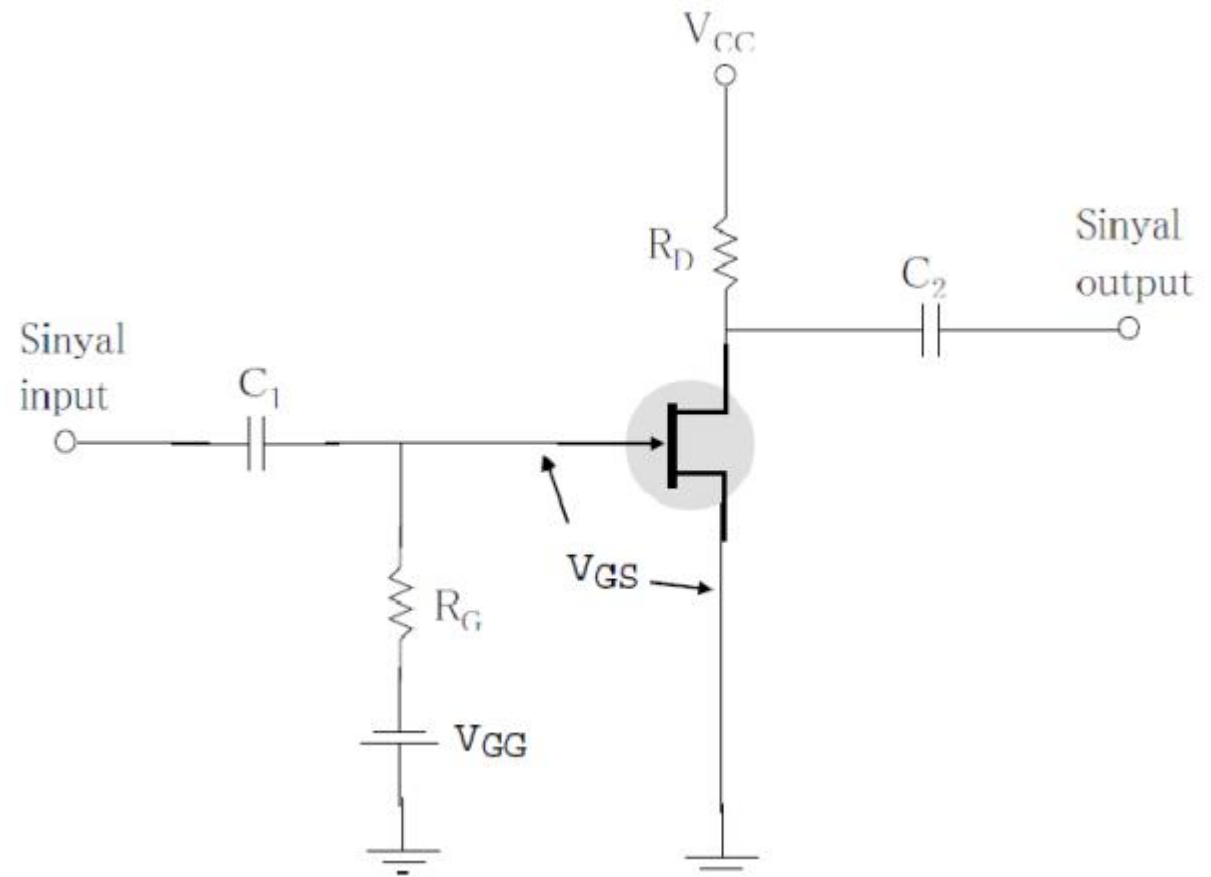
# Elektronika Dasar

Pertemuan ke 13

# PEMBIASAN FIELD EFFECT TRANSISTOR

## Bias Tetap (*fixed bias*)

Metode pemberian tegangan bias yang paling sederhana adalah bias tetap (*fixed bias*). Rangkaian bias tetap ini menggunakan dua buah sumber daya  $V_{GG}$  dan  $V_{DD}$ . Tegangan  $V_{GS}$  sepenuhnya tergantung pada sumber  $V_{GG}$  yang harganya tetap, sehingga tegangan  $V_{GS}$  juga tetap. Untuk analisis dc, kapasitor kopel  $C_1$  dan  $C_2$  dianggap terbuka.



Dengan menggunakan hukum Ohm, maka diperoleh :

$$V_{RG} = I_G \cdot R_G = (0)(R_G) = 0 \text{ Volt}$$

Karena nilai  $I_G = 0$

Maka,

$$V_{RG} = (0)(R_G) = 0 \text{ Volt}$$

Terlihat bahwa tegangan  $V_{GG}$  pada  $R_G$  tidak ada atau nol, sehingga semua tegangan  $V_{GG}$  masuk pada G-S. Secara matematis besarnya tegangan  $V_{GS}$  dapat diturunkan :

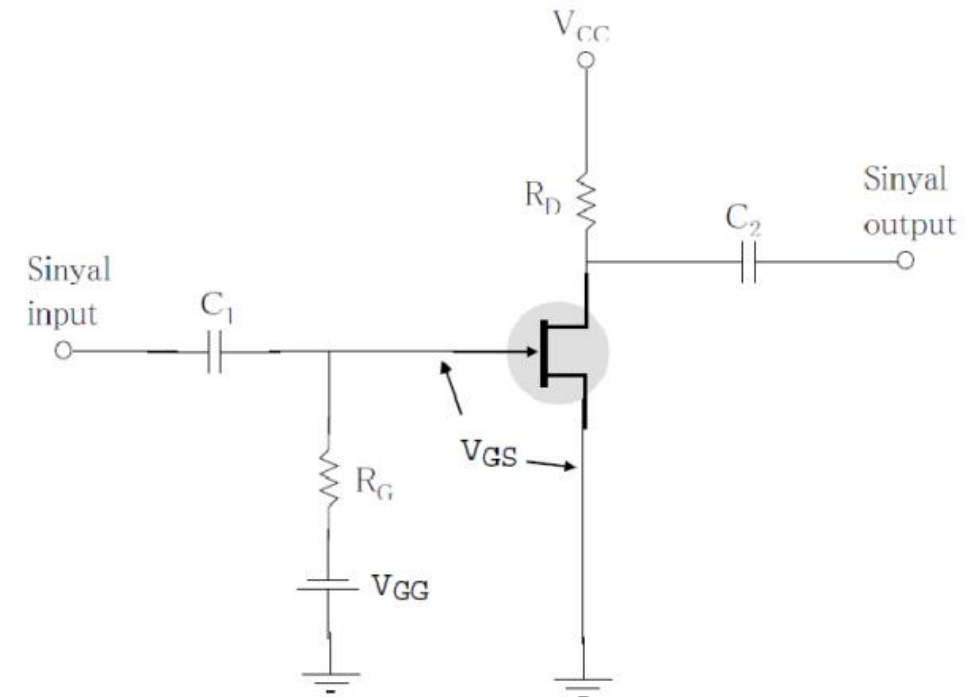
$$-V_{GG} - V_{GS} = 0$$

$$V_{GS} = -V_{GG} \dots (1)$$

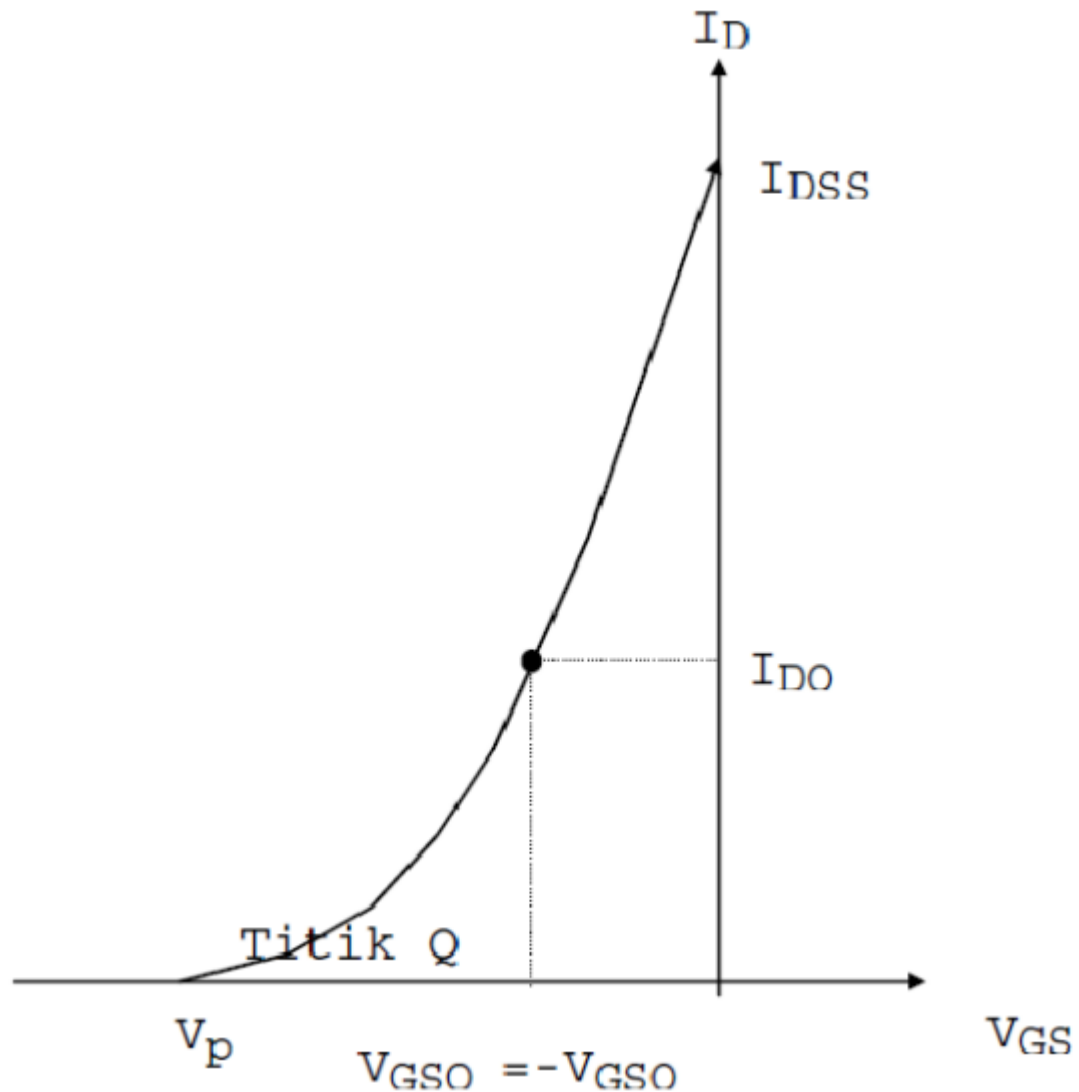
Dengan menggunakan persamaan Shockley dapat diperoleh harga arus  $I_D$ .

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \dots (2)$$

Oleh karena  $V_{GS}$  tetap, maka arus  $I_D$  juga tetap.



Titik kerja JFET  $V_{GSQ}$  dan  $I_{DQ}$  terlihat pada kurva transfer

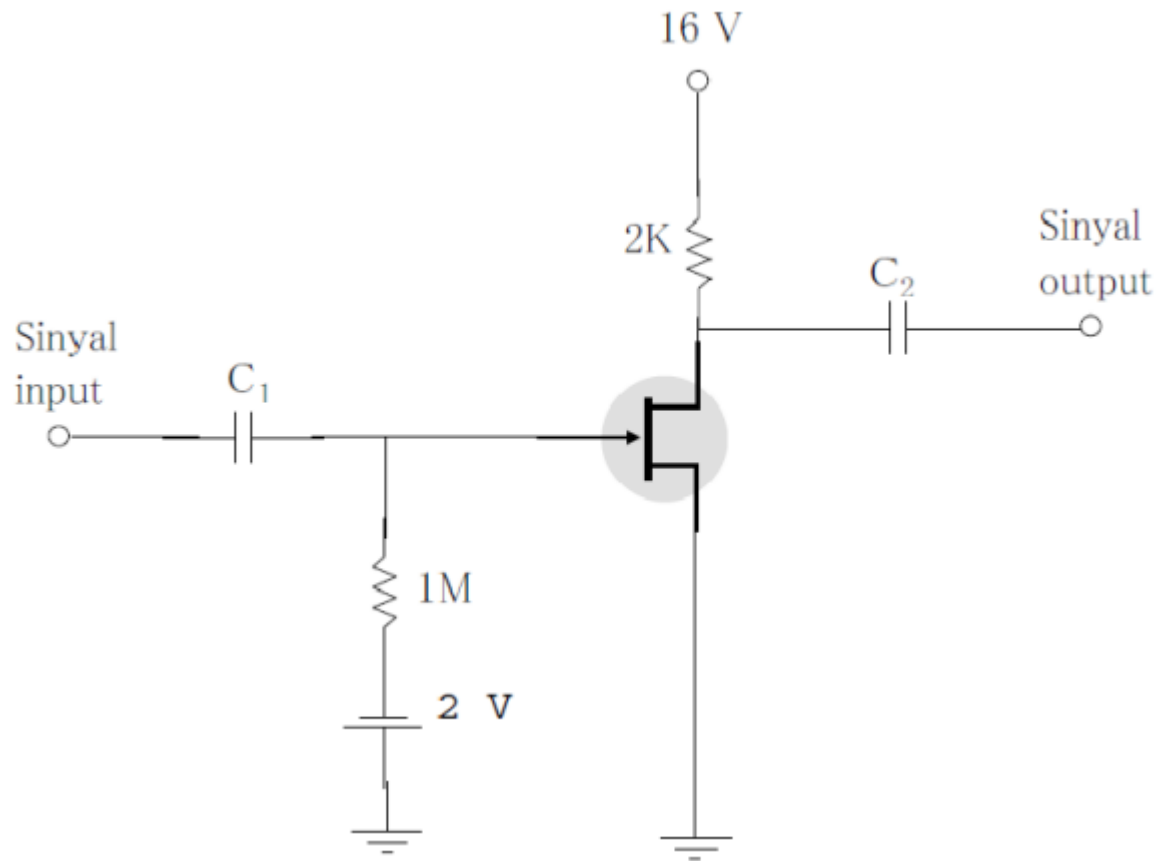


Tegangan  $V_{DS}$  dapat ditentukan dengan menerapkan hukum Kirchhoff pada sinyal output, yaitu:

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D \cdot R_D \quad \dots (3)$$

### Contoh Soal

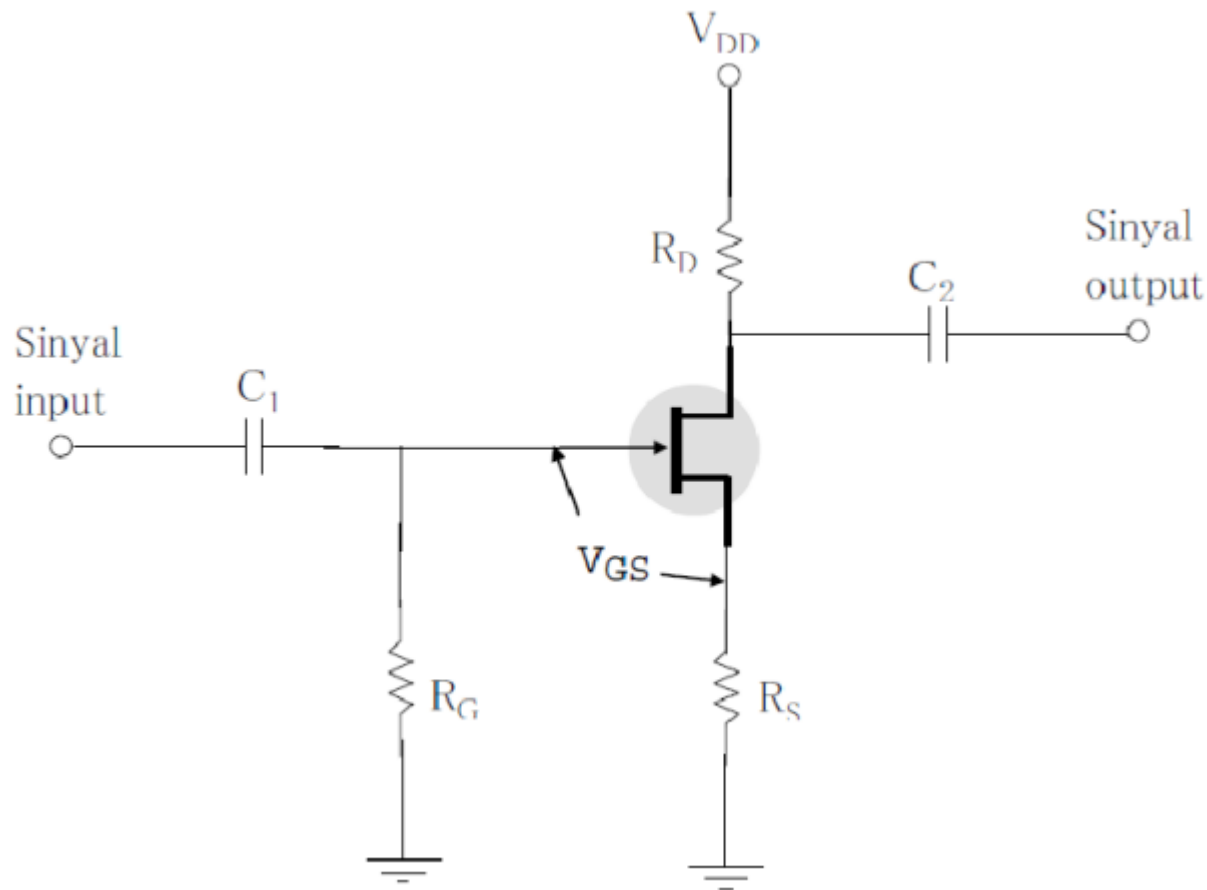
Diketahui rangkaian JFET seperti gambar, dengan data  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$  dan  $V_p = -8 \text{ Volt}$ , tentukan:



- a)  $V_{GSQ}$
- b)  $I_{DQ}$
- c)  $V_{DSQ}$

# Bias Sendiri (*Self Bias*)

Metode bias sendiri mengatasi dua buah sumber daya pada bias tetap, yakni hanya dengan menggunakan sebuah catu daya. Tegangan  $V_{GS}$  pada bias sendiri ini ditentukan oleh besarnya  $R_S$  pada kaki source. Rangkaian penguat JFET kanal-N dengan bias sendiri terlihat pada gambar



Dalam analisis dc semua kapasitor dianggap rangkaian terbuka. Disamping itu perlu untuk diketahui bahwa harga tegangan dengan subskrip tunggal (misalnya:  $V_G$ ) adalah harga tegangan pada titik subskrip tersebut terhadap ground (tanah).  $V_G$  berarti tegangan antara titik G dengan ground. Untuk harga tegangan dengan subskrip ganda (misalnya:  $V_{GS}$ ) adalah harga tegangan antara dua titik pada subskrip tersebut.  $V_{GS}$  berarti harga tegangan antara titik G dan titik S.

Beberapa asumsi yang selalu berlaku pada FET (baik JFET maupun MOSFET) untuk analisis dc adalah bahwa  $I_G = 0$  dan  $I_D = I_S$ . Selanjutnya dengan menerapkan hukum Kirchhoff pada sinyal input, diperoleh :

$$VG = VGS + VS$$

$$IG \times RG = VGS + ID \times RS$$

$$0 = VGS + ID \times RS$$

$$-ID \times RS = VGS$$

$$VGS = -ID \times RS \dots\dots (4)$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa tegangan  $V_{GS}$  semata-mata ditentukan oleh arus  $I_D$  dan resistor  $R_S$ . Akan tetapi persamaan tersebut masih belum bisa diselesaikan karena  $V_{GS}$  dan  $I_D$  belum diketahui. Oleh karena itu perlu memperhatikan persamaan lain yang mengandung  $V_{GS}$  dan  $I_D$ , yaitu persamaan Shockley

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

Dengan memasukkan harga  $I_D$  dari persamaan Shockley ini kedalam persamaan (2), maka harga  $V_{GS}$  dapat dicari secara matematis, yaitu:

$$V_{GS} = -I_D \times R_S$$

$$V_{GS} = -\left\{I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2\right\} \times R_S$$

$$V_{GS} = -I_{DSS} \times R_S \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

akhirnya diperoleh persamaan kuadrat:

$$\left(\frac{I_{DSS} \times R_S}{V_P^2}\right) V_{GS}^2 + \left(1 - \frac{2 \times I_{DSS} \times R_S}{V_P}\right) V_{GS} + I_{DSS} \times R_S = 0 \quad \dots\dots (5)$$

Persamaan 5 tersebut dapat diselesaikan dengan rumus ABC, dan akan diperoleh dua buah harga  $V_{GS}$ . Namun diantara kedua harga tersebut hanya satu  $V_{GS}$  yang memenuhi syarat, yaitu **Harga  $V_{GS}$  harus bernilai antara 0 sampai  $V_P$** .

Setelah harga  $V_{GS}$  diperoleh maka dengan memasukkan  $V_{GS}$  ke persamaan 4 akan didapat nilai arus  $I_D$ , yaitu:

$$I_D = -\frac{V_{GS}}{R_S} \quad \dots\dots (6)$$



Tegangan  $V_{DS}$  dapat diperoleh dengan menerapkan hukum Kirchhoff pada sinyal output, yaitu:

$$V_{DD} = V_{DS} + (I_D \times R_D) + (I_D \times R_S)$$

$$V_{DD} = V_{DS} + I_D(R_D + R_S)$$

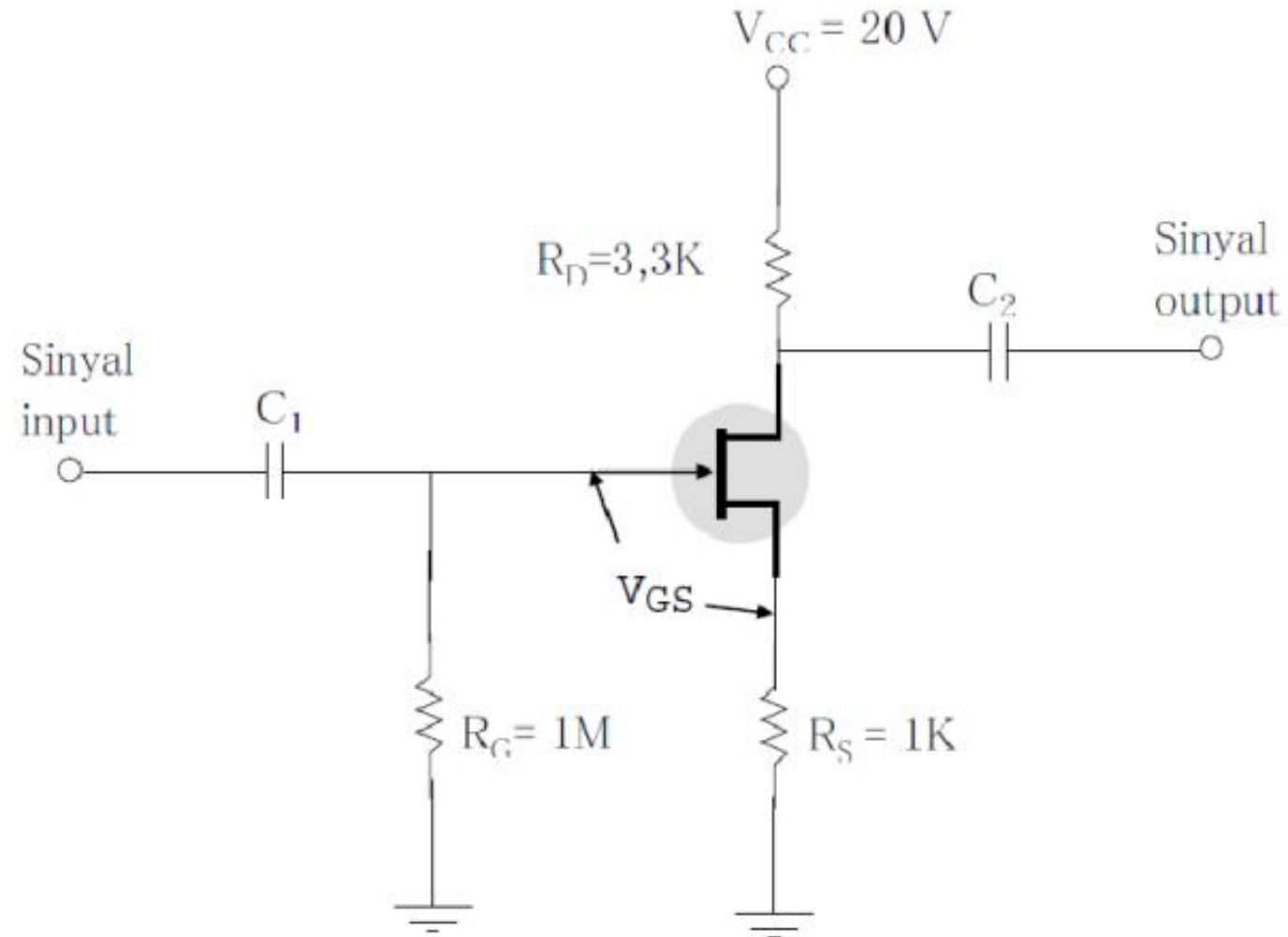
$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S) \quad \dots\dots (7)$$

Dengan demikian dapat ditentukan titik kerja penguat FET, yaitu:  $V_{GSQ}$ ,  $I_{DQ}$ , dan  $V_{DSQ}$ .

## Contoh Soal

Suatu rangkaian penguat JFET dengan self-bias seperti pada gambar, diketahui data JFET adalah sebagai berikut:  
 $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$  dan  $V_p = -6 \text{ Volt}$ . Tentukan :

- a)  $V_{GSQ}$
- b)  $I_{DQ}$
- c)  $V_{DSQ}$

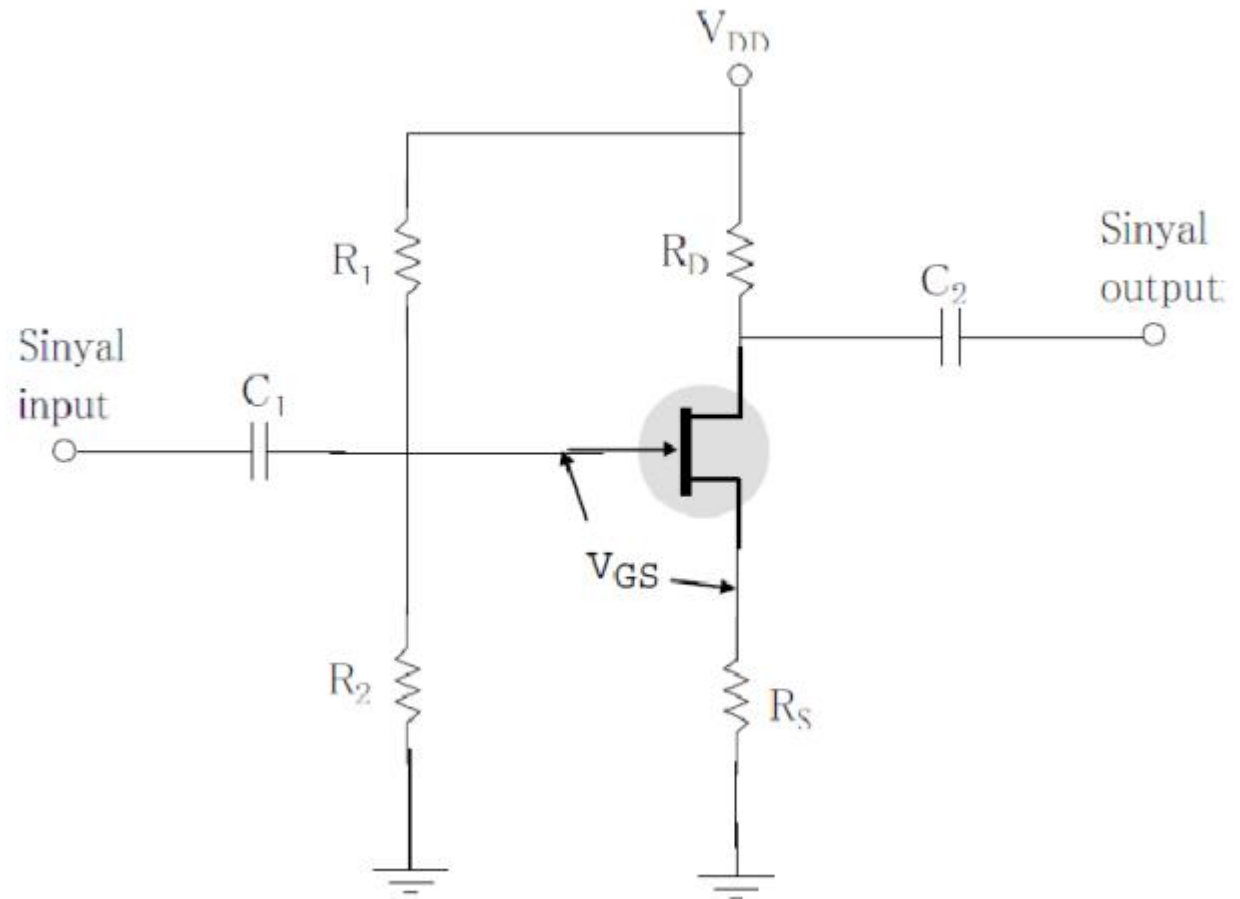


# Bias Pembagi Tegangan

Bias pembagi tegangan seperti yang diterapkan pada transistor bipolar juga dapat diterapkan pada FET. Penerapan rangkaian pada kedua komponen tersebut tidak berbeda, namun analisis dc-nya berbeda sekali. Rangkaian penguat FET dengan bias pembagi tegangan tampak pada gambar berikut :

Oleh karena  $I_G = 0$ , maka rangkaian pembagi tegangan yang diwujudkan oleh  $R_1$  dan  $R_2$  tidak akan terbebani oleh FET. Dengan demikian tegangan pada G (gate) adalah sama dengan turun tegangan pada  $R_2$ , yaitu:

$$V_G = \frac{R_2 \times V_{DD}}{R_1 + R_2} \dots\dots (8)$$



Dengan menerapkan hukum Kirchhoff pada sinyal input diperoleh:

$$V_G = V_{GS} + V_S$$

$$V_G = V_{GS} + I_D \times R_S$$

$$V_{GS} = V_G - I_D \times R_S \dots\dots (9)$$

Harga  $V_{GS}$  disamping ditentukan oleh  $I_D$  dan  $R_S$ , juga dipengaruhi oleh  $V_G$  yakni besaran yang terdiri atas  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $V_{DD}$ . Pada bias tetap tegangan  $V_{GS}$  hanya ditentukan oleh  $I_D$  dan  $R_S$ . Pada persamaan 9, terdapat dua besaran yang belum diketahui nilai nya yaitu  $I_D$  dan  $V_{GS}$ . Oleh karena itu perlu sebuah persamaan yang juga mengandung dua besaran yang belum diketahui tersebut, yakni persamaan Shockley:

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \dots\dots (2)$$

Apabila harga ID pada persamaan Shockley ini dimasukkan ke persamaan 9, maka diperoleh:

$$V_{GS} = V_G - \left\{ I_{DSS} \times \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \right\} R_S$$

$$V_{GS} = V_G - I_{DSS} \times R_S \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

*Faktor*  $\left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$  diselesaikan dengan formula matematis :

$$(a - b)^2 = (a^2 + b^2 - 2ab)$$

Sehingga diperoleh :

$$V_{GS} = V_G - I_{DSS} \times R_S \left\{ 1 + \left( \frac{V_{GS}^2}{V_P^2} \right) - 2 \left( \frac{V_{GS}}{V_P} \right) \right\}$$

Sehingga diperoleh :

$$V_{GS} = V_G - I_{DSS} \times R_S \left\{ 1 + \left( \frac{V_{GS}^2}{V_p^2} \right) - 2 \left( \frac{V_{GS}}{V_p} \right) \right\}$$

$$V_{GS} = V_G - I_{DSS} \times R_S - I_{DSS} \times R_S \left( \frac{V_{GS}^2}{V_p^2} \right) + 2 \times I_{DSS} \times R_S \left( \frac{V_{GS}}{V_p} \right)$$

$$V_{GS} = V_G - I_{DSS} \times R_S - \left( \frac{I_{DSS} \times R_S}{V_p^2} \right) V_{GS}^2 + \left( \frac{2 \times I_{DSS} \times R_S}{V_p} \right) V_{GS}$$

$$0 = V_G - V_{GS} - I_{DSS} \times R_S - \left( \frac{I_{DSS} \times R_S}{V_p^2} \right) V_{GS}^2 + \left( \frac{2 \times I_{DSS} \times R_S}{V_p} \right) V_{GS}$$

Pada akhir nya diperoleh persamaan kuadrat :

$$\left( \frac{I_{DSS} \times R_S}{V_p^2} \right) V_{GS}^2 + \left( 1 - \frac{2 \times I_{DSS} \times R_S}{V_p} \right) V_{GS} + I_{DSS} \times R_S - V_G = 0 \quad \dots (10)$$

Persamaan 10 dapat diselesaikan dengan rumus ABC, sehingga diperoleh dua buah harga  $V_{GS}$ , namun diantara dua tersebut hanya satu  $V_{GS}$  yang memenuhi syarat, yaitu **Harga  $V_{GS}$  harus bernilai antara 0 sampai  $V_p$ .**

dengan memasukkan  $V_{GS}$  ke persamaan 9 akan di dapat nilai arus ID, yaitu:

$$ID = \frac{VG - VGS}{RS} \dots\dots (11)$$

Tegangan VDS dapat diperoleh dengan menerapkan hukum Kirchoff pada sinyal output, yaitu :

$$VDD = VDS + ID \times RD + ID \times RS$$

$$VDD = VDS + ID (RD + RS)$$

$$VDS = VDD - ID (RD + RS) \dots\dots (12)$$

Dengan demikian dapat ditentukan titik kerja penguat FET, yaitu: VGSQ, IDQ, dan VDSQ.

## Contoh Soal

Suatu rangkaian penguat JFET dengan bias pembagi tegangan seperti pada gambar, diketahui data JFET adalah sebagai berikut:  $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$  dan  $V_p = -4 \text{ Volt}$ . Tentukan :

- a)  $V_{GSQ}$
- b)  $I_{DQ}$
- c)  $V_{DSQ}$

