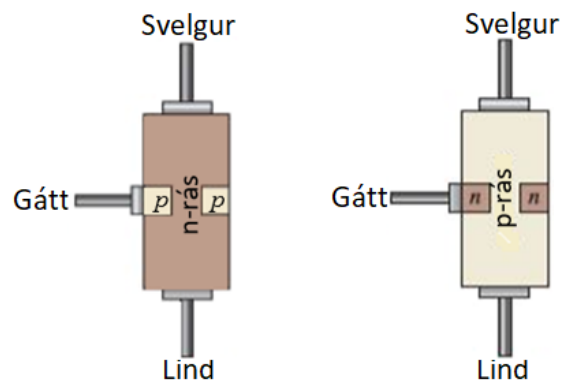




Rafbók



RTM013

FET- og MOSFET transistorar
Svör og útreikningar

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

2.6.1 dæmi bls. 10

- a) Þar sem U_{GS} er haldið föstu við núll og mettunarstraumur transistorsins er við $U_{GS}=0$ breytist hann ekki þó að spennugjafaspennunni U_{DD} sé breytt.
 $I_{DSS} = 12mA$.

2.6.2 dæmi bls. 10

- b) Hann verður áfram núll.
c) $U_{GS(off)}$ og U_P eru alltaf jöfn á stærð en með öfugu formerki.

2.8.1 Dæmi bls. 16

d)

$$g_m = g_{m0} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right) = 3000\mu S \left(1 - \frac{-2V}{-5V}\right) = 1800\mu S$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 12mA \left(1 - \frac{-2}{-5}\right)^2 = 4,32mA$$

2.10.1 Dæmi bls. 17

- e) $U_P = 7V$
f) Minnkar
g) $U_P = -U_{GS} = -3V$
h)

$$R_{INN} = \left| \frac{U_{GS}}{I_{GSS}} \right| = \left| \frac{15V}{1nA} \right| = 15000M\Omega$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

3.1.1 Dæmi bls. 19

i)

$$\begin{aligned}U_{GS} &= -I_D \cdot R_S = -8mA \cdot 390\Omega = -3,12V \\U_{DS} &= U_D - U_S = U_{DD} - I_D \cdot (R_D + R_S) = \\&12V - 8mA \cdot (860\Omega + 390\Omega) = 2V\end{aligned}$$

3.2.1 Dæmi bls. 21

j)

$$\begin{aligned}I_D &= I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 18mA \cdot \left(1 - \frac{4}{8}\right)^2 = 4,5mA \\RS &= \left|\frac{U_{GS}}{I_D}\right| = \left|\frac{4}{4,5mA}\right| = 889\Omega\end{aligned}$$

k)

$$\begin{aligned}I_D &= I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 10mA \cdot \left(1 - \frac{-3}{-10}\right)^2 = 4,9mA \\RS &= \left|\frac{U_{GS}}{I_D}\right| = \left|\frac{-3}{4,9mA}\right| = 612\Omega\end{aligned}$$

3.3.1 Dæmi bls.23

l)

$$I_D = \frac{I_{DSS}}{2} = \frac{10mA}{2} = 5mA$$

$$U_{GS} = \frac{U_{GS(off)}}{3,4} = \frac{-10V}{3,4} = -2,94V$$

$$R_S = \left| \frac{U_{GS}}{I_D} \right| = \left| \frac{-2,94V}{5mA} \right| = 588,2\Omega$$

$$R_D = \frac{U_{DD} - U_D}{I_D} = \frac{15V - 7,5V}{5mA} = 1500\Omega$$

3.4.1 Dæmi bls. 24

m)

$$I_D = \frac{U_{DD} - U_D}{R_D} = \frac{12V - 6V}{3,3k\Omega} = 1,82mA$$

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D(R_D + R_S) = 12V - 1,82mA(3,3K\Omega + 1,8K\Omega) = 2,7V$$

4.8.1 Dæmi bls. 31

n) Latfeti (D-MOSFET), Hvatfeti (E-MOSFET)

o) Enginn

p) Enginn

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

5.1.1 Dæmi bls. 33

q)

I. Þetta er P rása latfeti vegna þess að $U_{GSoff} = \text{Pósitífur}$.

II.

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 18mA \left(1 - \frac{4}{10}\right)^2 = 6,48mA$$

III.

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 18mA \left(1 - \frac{-4}{10}\right)^2 = 35,3mA$$

5.2.1 Dæmi bls.36

r)

$$K = \frac{I_{D(on)}}{\left(U_{GS}|_{(fundið \text{ við } I_{D(on)=0})} - U_{GS(th)}\right)^2} = \frac{100mA}{(8V - 4V)^2} = 6,25 \left[\frac{mA}{V^2}\right]$$
$$\Rightarrow$$
$$I_D = K(U_{GS} - U_{GS(th)})^2 = 6,25 \left[\frac{mA}{V^2}\right] (6V - 4V)^2 = 25mA$$

6.1.1 Dæmi bls. 38

s)

Þar sem Mosfet transistor er oftast látinn vinna við I_{DSS} þá er $U_{GS} = 0$ **6.2.1 Dæmi bls. 40**

t) Það rennur enginn straumur í gate transistorsins og þess vegna er:

$$I_D = \frac{U_{DD} - U_{DS}}{R_D} = \frac{15V - 5V}{4,7K\Omega} = 2,13mA$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

7. Dæmi bls. 40

1.

- a) Stækkar
- b) Eykst

2.



3. $U_{DS} = U_P = 5V$

4. $U_{GS(off)} = -U_P = -6V$

5. Í JFET við $U_{GS}=0$ er $I_D = I_{DSS}=10mA$

6. Þar sem strauminn I_D verður 0 við $U_{GS(off)} = 6V$ þá er hann einnig 0 við hærri U_{GS} spennu.

7. Við $U_{GS}=0$ þá er $I_D=I_{DSS}=5mA$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5mA \cdot \left(1 - \frac{-1}{-8}\right)^2 = 3,83mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5mA \cdot \left(1 - \frac{-2}{-8}\right)^2 = 2,81mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5mA \cdot \left(1 - \frac{-3}{-8}\right)^2 = 1,95mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5mA \cdot \left(1 - \frac{-4}{-8}\right)^2 = 1,25mA$$

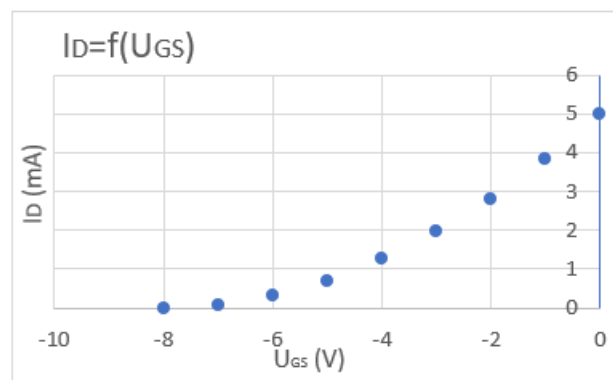
$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5mA \cdot \left(1 - \frac{-5}{-8}\right)^2 = 0,7mA$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5mA \cdot \left(1 - \frac{-6}{-8}\right)^2 = 0,31mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5mA \cdot \left(1 - \frac{-7}{-8}\right)^2 = 0,078mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5mA \cdot \left(1 - \frac{-8}{-8}\right)^2 = 0mA$$



8.

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 \Rightarrow 2,25mA = 5mA \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{-8}\right)^2 =$$

$$\frac{2,25mA}{5mA} = \left(1 - \frac{U_{GS}}{-8}\right)^2 \Rightarrow \sqrt{0,45} = 1 - \frac{U_{GS}}{-8} \Rightarrow -U_{GS} = -8 \cdot \sqrt{0,45} + 8 = 2,63V$$

9.

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right) = 3200\mu S \left(1 - \frac{-4V}{-8V}\right) = 1600$$

10.

$$y_{FS} = g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right) = 2000\mu S \left(1 - \frac{-2V}{-7V}\right) = 1429$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

11.

$$R_{inn} = \left| \frac{U_{GS}}{I_{GSS}} \right| = \left| \frac{10}{5nA} \right| = 2000M\Omega$$

12.

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-5}{-5}\right)^2 = 0mA$$

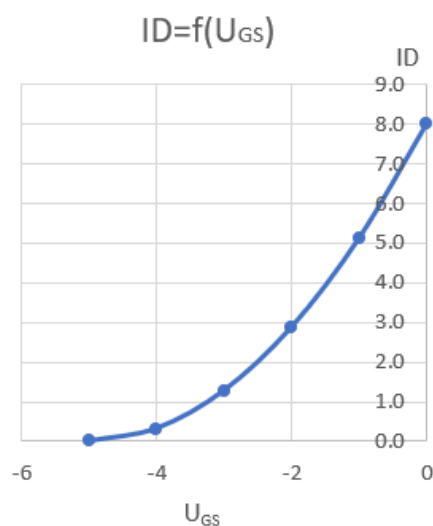
$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-4}{-5}\right)^2 = 0,3mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-3}{-5}\right)^2 = 1,3mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-2}{-5}\right)^2 = 2,9mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-1}{-5}\right)^2 = 5,1mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{0}{-5}\right)^2 = 8mA$$



RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

13.

$$U_{GS} = -U_S = I_D \cdot R_S = 12mA \cdot 100\Omega = 1,2V$$

14.

$$R_S = \frac{U_{RS}}{I_D} - \frac{-U_{GS}}{I_D} = \frac{-(-4V)}{5mA} = 800\Omega$$

15.

$$R_S = \frac{U_{RS}}{I_D} - \frac{-U_{GS}}{I_D} = \frac{-(-3,5V)}{2,5mA} = 1,2K\Omega$$

16.

a) I_D er alltaf I_{DSS} í FET transistorum við $U_{GS} = 0$

b) I_D er alltaf 0 í FET transistorum við $U_{GS} = U_{GS(off)}$

17.

$$a) U_{RS} = -U_{GS} = I_D \cdot R_D = 1mA \cdot 1K\Omega = 1V$$

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot (R_D + R_S) = 12V - 1mA(4,7K\Omega + 1K\Omega) = 6,3V$$

$$b) U_{RS} = -U_{GS} = I_D \cdot R_D = 8mA \cdot 100\Omega = 0,8V$$

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot (R_D + R_S) = 9V - 8mA(470\Omega + 100\Omega) = 4,44V$$

$$c) -U_{RS} = U_{GS} = I_D \cdot R_D = 3mA \cdot 470\Omega = 1,41V$$

$$U_{DS} = U_{DD} + I_D \cdot (R_D + R_S) = -15V + 3mA(2,2K\Omega + 470\Omega) = -6,99V$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

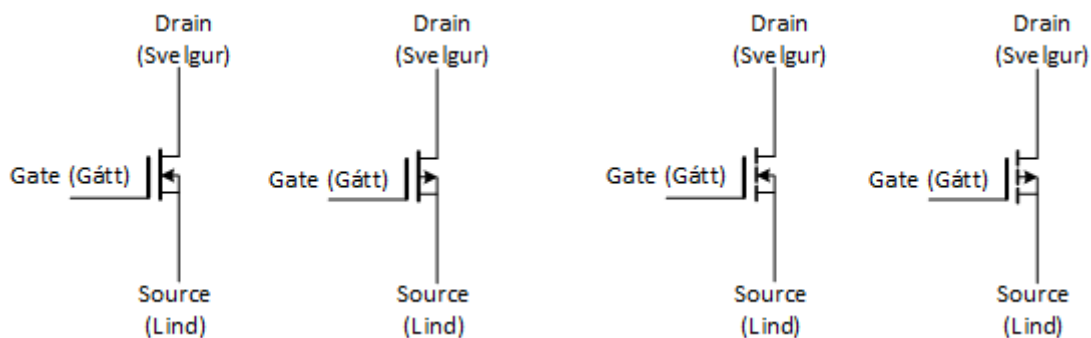
18.

Þar sem gengið er út frá að mótstaðan inn í FET transistora stefni á óendanlega mótstöðu verður heildarmótstaðan $R_{inn} = R_G = 10M\Omega$. Í þessu tilfelli reiknast mótstaðan:

$$R_{GS} = \left| \frac{U_{GS}}{I_{GSS}} \right| = \left| \frac{10V}{20nA} \right| = 500M\Omega$$

$$R_{inn} = R_G // R_{GS} = \frac{R_G \cdot R_{GS}}{R_G + R_{GS}} = \frac{10M\Omega \cdot 500M\Omega}{10M\Omega + 500M\Omega} = 9,8M\Omega$$

19.



D-MOSFET

E-MOSFET

20. Hvetjandi ham. Jákvæð U_{GS} spenna hvetur rafeindir til að hraða sér í gegn um rásina sem myndast milli drain (Sveig) og source (Lindar).

21. D-mosfet hefur straumgegnumgang á jákvæðri og neikvæðri U_{GS} spennu. E-mosfet hefur straumgegnumgang aðeins við jákvæða U_{GS} spennu (n-rása) eða neikvæða U_{GS} spennu (p-rása).

22. Það eru engin pn samskeyti í MOSFET heldur er stýriskautið, gáttin (gate), einangruð frá rásinni með kísildíoxíð (SiO_2) og þar að leiðandi er enginn straumur og mótstaðan er ∞ .

23.

a) Það sem U_{GS} spennan er neikvæð er þetta n-rása MOSFET.

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

b)

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-5}{-5}\right)^2 = 0mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-4}{-5}\right)^2 = 0,3mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-3}{-5}\right)^2 = 1,3mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-2}{-5}\right)^2 = 2,9mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{-1}{-5}\right)^2 = 5,1mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{0}{-5}\right)^2 = 8mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{+1}{-5}\right)^2 = 11,5mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{+2}{-5}\right)^2 = 15,7mA$$

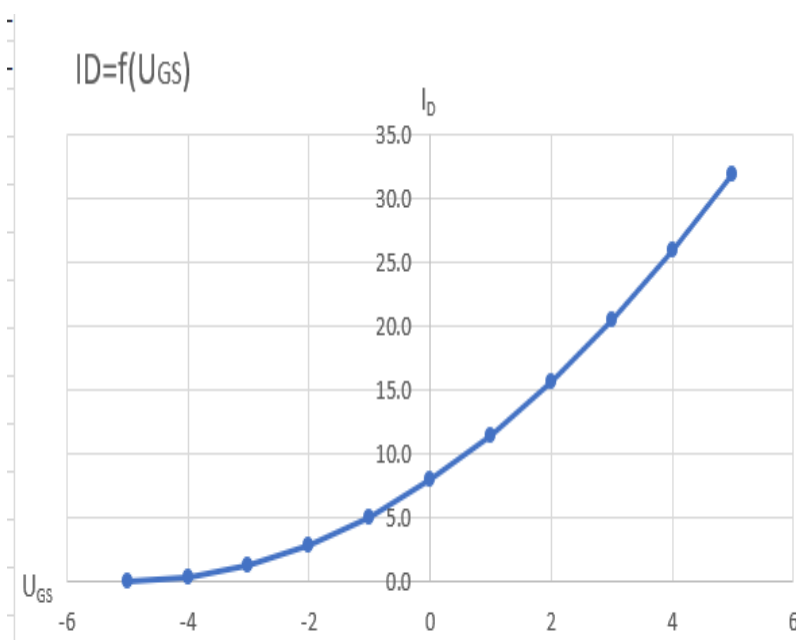
$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{+3}{-5}\right)^2 = 20,5mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{+4}{-5}\right)^2 = 25,9mA$$

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 8mA \cdot \left(1 - \frac{+5}{-5}\right)^2 = 32mA$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

c)



24.

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2 \Rightarrow 3mA = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{-2V}{-10V}\right)^2 \Rightarrow$$

$$I_{DSS} = \frac{3mA}{0,64} = 4,69mA$$

25.

$$K = \frac{I_{D(on)}}{\left(U_{GS}|_{(fundið \text{ við } I_{D(on)=0})} - U_{GS(th)}\right)^2} = \frac{10mA}{(12V - 3V)^2} = 0,123 \left[\frac{mA}{V^2}\right]$$

$$\Rightarrow$$

$$I_D = K(U_{GS} - U_{GS(th)})^2 = 0,123 \left[\frac{mA}{V^2}\right] (6V - 3V)^2 = 1,1mA$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

26.

Samkvæmt mynd a:

Þá er táknið fyrir D-Mosfet sem getur bæði unnið í letjandi (*Depation*) og hvetjandi (*Enhancement*) hætti. Hér er hann í letjandi hætti þar sem U_{GS} spennan er 0.

Samkvæmt mynd b:

Þá er táknið fyrir E-Mosfet (n-rása) sem vinnur aðeins í hvetjandi (*Enhancement*) hætti.:

Samkvæmt mynd c:

Þá er táknið fyrir E-Mosfet (n-rása) sem vinnur aðeins í hvetjandi (*Enhancement*) hætti.

Samkvæmt mynd d:

Þá er táknið fyrir E-Mosfet (p-rása) sem vinnur aðeins í hvetjandi (*Enhancement*) hætti.

27.

- a) Þetta er E-Mosfet (n-rása). Til að hann verði leiðandi þarf U_{GS} að vera hærra en U_{GSth} sem er 5V.

$$U_{GS} = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) \cdot U_{DD} = \left(\frac{10M\Omega}{10M\Omega + 4,7M\Omega} \right) \cdot 10V = 6,8V$$

$$U_{GS} > U_{GS(th)} \quad \text{Hann er leiðandi.}$$

- b) Þetta er E-Mosfet (p-rása). Til að hann verði leiðandi þarf U_{GS} að vera minni en U_{GSth} sem er -5V.

$$U_{GS} = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) \cdot U_{DD} = \left(\frac{1M\Omega}{1M\Omega + 10M\Omega} \right) \cdot -25V = -2,27V$$

$$U_{GS} > U_{GS(th)} \quad \text{Hann er ekki leiðandi.}$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

28.

Í öllum tilfellum er $I_D = I_{DSS} = 8\text{mA}$.

a) $U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot R_D == 12V - 8\text{mA} \cdot 1K\Omega = 4V$

b) $U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot R_D == 15V - 8\text{mA} \cdot 1,2K\Omega = 5,4V$

c) $U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot R_D == -9V + 8\text{mA} \cdot 560\Omega = -4,52V$

29.

a)

$$U_{GS} = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) \cdot U_{DD} = \left(\frac{4,7M\Omega}{4,7M\Omega + 10M\Omega} \right) \cdot 10V = 3,2V$$

$$K = \frac{I_{D(on)}}{\left(U_{GS}|_{(fundið \text{ við } I_{D(on)=0})} - U_{GS(th)} \right)^2} = \frac{3\text{mA}}{(4V - 2V)^2} = 0,75 \left[\frac{\text{mA}}{V^2} \right]$$

$$\Rightarrow$$

$$I_D = K(U_{GS} - U_{GS(th)})^2 = 0,75 \left[\frac{\text{mA}}{V^2} \right] (3,2V - 2V)^2 = 1,08\text{mA}$$

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot R_D = 10V - 1,08\text{mA} \cdot 1K\Omega = 8,92V$$

b)

$$U_{GS} = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) \cdot U_{DD} = \left(\frac{10M\Omega}{10M\Omega + 10M\Omega} \right) \cdot 5V = 2,5V$$

$$K = \frac{I_{D(on)}}{\left(U_{GS}|_{(fundið \text{ við } I_{D(on)=0})} - U_{GS(th)} \right)^2} = \frac{2\text{mA}}{(3V - 1,5V)^2} = 0,89 \left[\frac{\text{mA}}{V^2} \right]$$

$$\Rightarrow$$

$$I_D = K(U_{GS} - U_{GS(th)})^2 = 0,89 \left[\frac{\text{mA}}{V^2} \right] (2,5V - 1,5V)^2 = 0,89\text{mA}$$

$$U_{DS} = U_{DD} - I_D \cdot R_D = 5V - 0,89\text{mA} \cdot 1,5K\Omega = 3,67V$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

30.

$$\begin{aligned}U_{GS} &= U_{DD} - I_D \cdot R_D - I_{GSS} \cdot R_G = \\15V - 1mA \cdot 8,2K\Omega - 50pA \cdot 22M\Omega \\&= 6,8V\end{aligned}$$

RTM013 FET-og MOSFET transistorar svör og útreikningar

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni.

www.rafbok.is

Allir rafiðnaðarmenn og rafiðnaðarnemar geta fengið aðgang án endurgjalds að rafbókinni.

Heimilt er að afrita textann til fræðslu í skólum sem reknir eru fyrir opinbert fé án leyfis höfundar eða Rafmenntar, fræðsluseturs rafiðnaðarins. Hvers konar sala á textanum í heild eða að hluta til er óheimil nema að fengnu leyfi höfundar og Rafmenntar, fræðsluseturs rafiðnaðarins.

Höfundur er Sigurður Örn Kristjánsson.

Eftirvinnsla og umbrot í rafbók Báru Laxdal Halldórsdóttir.

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til höfundar

sigurdurork@gmail.com eða til Báru Laxdal Halldórsdóttur bara@rafmennt.is.