

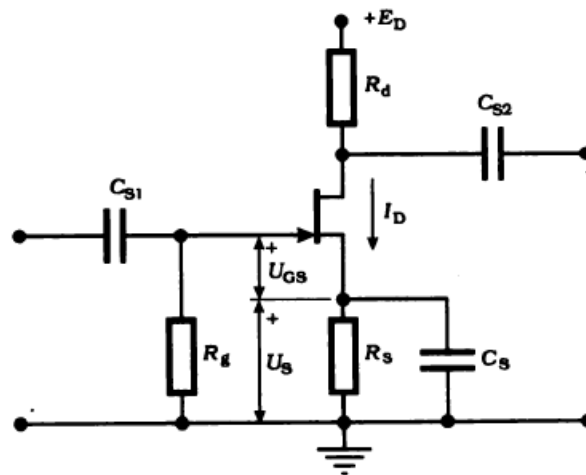
Садржај рада на часу

Увод (10 мин): Појачавач са ФЕТ транзистором. Основне одлике. Једносмерни радни режим. Положај радне праве и радне тачке.

Главни део (25 мин):

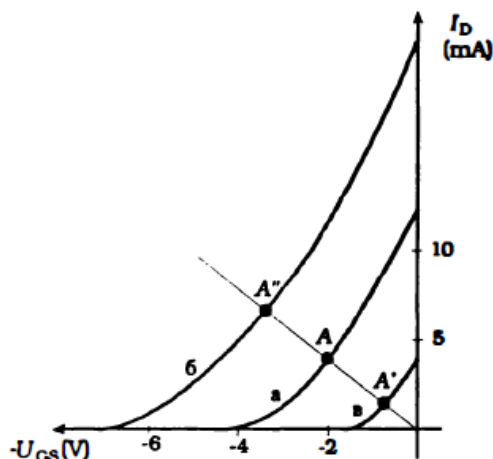
Аутоматски преднапон код појачавача са ФЕТ-ом

Повољније решење представља аутоматски преднапон, који се добије стављањем отпорника R_s , у коло сорса као на сл.5. Отпорник R_g служи за спајање гејта са масом и обично има велику отпорност (обично између $100\text{ K}\Omega$ и $10\text{ M}\Omega$); његова отпорност је истовремено улазна отпорност овог типа појачавача, јер је улазна отпорност фета практично бесконачна велика.



Слика 5. Појачавач са аутоматским преднапоном

На сл. 6. је нацртана типична преносна карактеристика $I_D = f(U_{GS})$ и обележена са а. Минимална карактеристика за тај тип транзистора обележена је ознаком в, а максимална са б.



Слика 6. Радна тачка код различитих примерака исте врсте фета

Напон U_S на отпорнику R_S је истовремено и напон између гејта и сорса са негативним знаком:

$$U_S = R_S * I_D = - U_{GS}$$

јер кроз отпорник R_G не тече струја и напон на њему је једнак нули. Из претходне једначине се добија:

$$I_D = \frac{U_S}{R_S} = - \frac{U_{GS}}{R_S}$$

Ово је једначине праве, која нема одсечка на вертикалној оси, односно почиње из координатног почетка. Друга тачка се одређује на основу струје I_D и напона $-U_{GS} = U_S$ који се одређује из типичних карактеристика фета. На сл.6. се за $I_D = 4 \text{ mA}$ добије да је напон $-U_{GS} = 2 \text{ V} = U_S$. Из претходне једначине се може одредити отпорност R_S :

$$R_S = \frac{U_S}{I_D}$$

Када се горе наведене вредности замене, добије се вредности отпорности R_S :

$$R_S = \frac{U_S}{I_D} = \frac{2 \text{ V}}{4 \text{ mA}} = 500 \Omega$$

Радна тачка такође постоји и на преносним карактеристикама (сл.6.); добије се на пресеку ове праве и преносне карактеристике. Види се да је код типичних карактеристика радна тачка А, код минималних А', а код максималних А''. У сва три случаја струја протиче кроз фет и он може да ради као појачавач. Види се да је у сва три случаја струја кроз фет различита, па се једносмерни напон између дрејна и масе може много да разликује од случаја до случаја.

Поред оваквог решења постоје и варијанте са позитивним преднапоном, са посебним извором негативног напона за гејт итд., а објашњења могу да се нађу у литератури.

Прорачун елемената појачавача са фетом је знатно сложенији од прорачуна елемената појачавача са биполарним транзистором. Радна тачка се слабо стабилизује и одступања од прорачуна могу бити доста велика. Због тога је погодно узети што виши напон напајања E_D (на

пример, 15 V). Код нижег напона напајања (на пример, 5 V) је често потребно ставити уместо отпорника реостат и подешавати напон између дрејна и сорса. Исто тако постоје различити начини прорачунавања. Овде ће бити објашњен најједноставнији начин.

На сл.7. је нацртана преносна карактеристика фета BF245B за напон $U_{DS} = 15 \text{ V}$. идимо да се струја дрејна може мењати од нуле до 10 mA за $U_{DS} = 15 \text{ V}$ и да се средина карактеристике по хоризонталу добије приближно за $I_D = 4 \text{ mA}$. Усвојићемо да струја I_D буде 2 mA да би радна тачка била померена нешто удесно на излазним карактеристикама. Пошто се преносна карактеристика мало мења за различите напон U_{DS} , то значи да су карактеристике за остале напоне између дрејна и сорса у близини ове. На преносну карактеристику фета се унесе вредност $I_D = 2 \text{ mA}$ и за њу се добије да је преднапон $U_{GS} = -2,1 \text{ V}$. Исти оволики напон постоји и на отпорнику R_S , па се отпорност R_S , добије као количник напона U_S и струје I_D :

$$R_S = U_S / I_D = 2,1 \text{ V} / 12 \text{ mA} = 1,05 \text{ k}\Omega \text{ (заокружено на стандардну вредност } 1,1 \text{ k}\Omega).$$

Преостали напон до 15 V (12,9 V) се дели тако да на фету буде нешто више од половине (на пример, 8 V), а нешто мање на отпорнику R_d (4,9 V), јер су излазне карактеристике фета за ниске напоне U_{DS} јако закривљене. Сада се отпорност R_d рачуна као количник напона на њему (4,9 V) и струје кроз њега (2 mA):

$$R_d = 4,9 \text{ V} / 2 \text{ mA} = 2,45 \text{ k}\Omega \text{ (заокружено на стандардну вредност } 2,4 \text{ k}\Omega).$$

Приликом мерења струје и напона могу се добити вредности које се доста разликују од предвиђених јер се поједини примерци фета исте врсте могу доста разликовати.

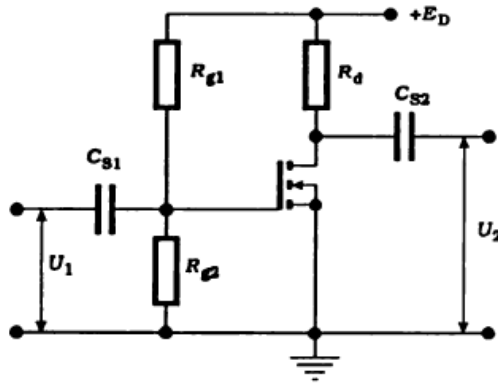
Треба напоменути да овај пример важи само за овај тип фета, док се за неки други тип мора извести нови прорачун.

Исто тако се може усвојити мања (или већа) струја дрејна и за њу урадити прорачун. Обично се сматра да струја дрејна треба да буде мања од половине максималне јер се може десити да се код другог примерка фета добије већа струја, која може знатно смањити напон на фету. Мању струју дрејна треба обавезно усвојити код фетова где је струја дрејна за $U_{GS} = 0$ доста велика (на пример BF246C ова струја може да буде до 300 mA за $U_{GS} = 0 \text{ V}$); код оваквих фетова би постављање радне тачке на средину карактеристике могло довести до њиховог прегревања и уништења.

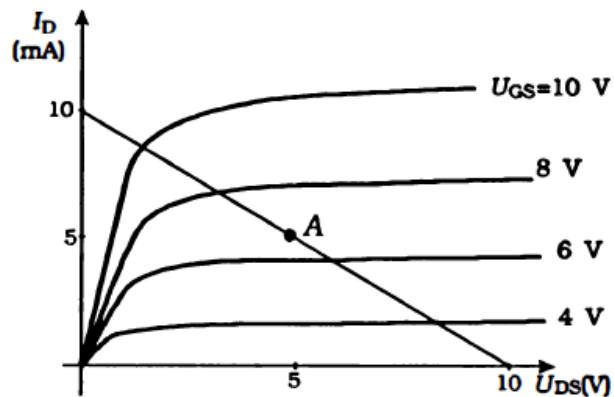
Прорачун појачавача са фетовима може да се обави и на друге начине, зависно од тога шта се првенствено тражи од њега.

Отпорник R_S се премошћава кондензатором C_S , који треба да буде кратак спој за наизменичну струју. Начин одређивања капацитивности C_S биће објашњен касније код појачавача са заједничким сорсом.

Поларизација MOSFET-а са индукованим каналом N-типа се у принципу изводи као на сл.8. Дрејн се прикључује на позитиван напон, а гејт се прикључује на мањи позитиван напон добијен помоћу разделника напона R_{g1} и R_{g2} . Радна права и радна тачка су приказане на сл.9. Оваква поларизација се примењује и код VMOSFET-ова. Напон гејта код MOSFET-а са уграђеним каналом може у принципу да буде позитиван или негативан, или да буде једнак нули. Обично је у пракси напон гејта негативан и поларизација електрода је иста као код фета. Једино се код MOSFET-а са два гејта сусреће позитиван напон на другом гејту.



Слика 8. Појачавач са MOSFET-ом са индукованим каналом



Слика 9. Радна права кола на сл.8.

Сви наведени случајеви се односе на N-каналне фетове. Код P-каналних фетова се поларизација електрода изводи на исти начин, само су напони и струје супротног знака.

Завршни део (10 мин):

Питања за понављање – домаћи:

- Како се обезбеђује негативан преднапон у основној верзији појачавача са N-каналним фетом и зашто такво решење није погодно за практичну употребу ?
- Како се обезбеђује аутоматски преднапон код појачавача са фетом ?
- Нацртај праву која одређује преднапон појачавача са фетом BF245B, тако да му је струја у радној тачки 3mA .
- Нацртај радну праву на карактеристикама фета за напон напајања $E_D = 15 \text{ V}$ и отпорност $R_D = 2 \text{ k}\Omega$.
- Колика је струја у радној тачки у претходном задатку, ако је ова тачка на средини радне праве ?

Одговорите колико можете и одговоре пошаљите на ivanradosavljevic.ets@gmail.com