

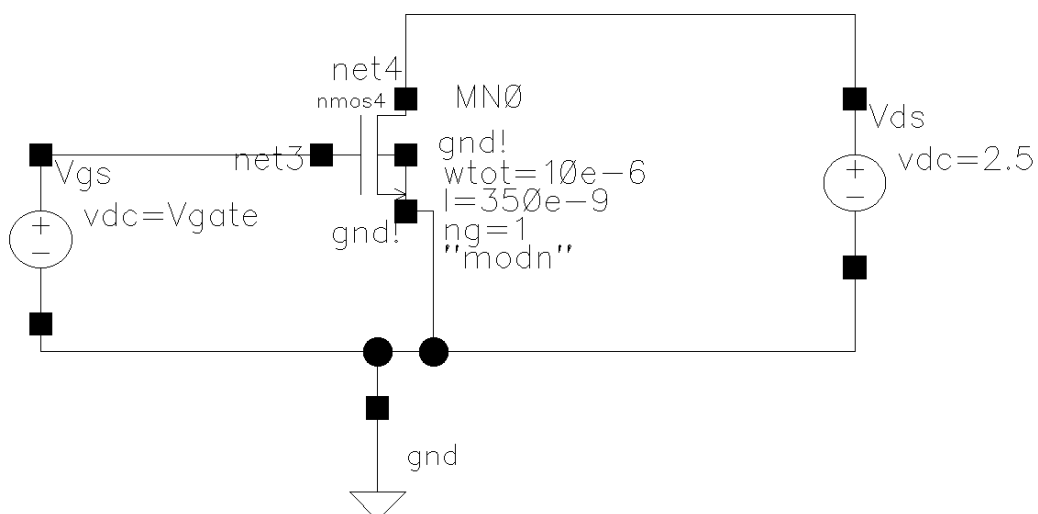
Упражнение № 2

Параметричен и шумов анализ

Изображения, които Ви трябва за протокола от това упражнение:

- Електрическа схема за изследване на изходни характеристики на MOS транзистор;
- Параметричен анализ - резултати за семейство изходни статични характеристики на MOS транзистор;
- Схема за изследване на коефициента на шума на MOS транзистор;
- Шумов анализ - разпределение на шума, генериран от елементите в схемата – прозорец с текстова информация.
- Шумов анализ - резултати от изследването на коефициента на шума при параметър V_{gate} .

I. Параметричен анализ (Parametric Analysis).



Фиг. 1. Схема за изследване на изходните характеристики на MOS транзистор.

1. Задаване на променлива.

Изчертава се схемата от фиг. 1 в прозореца на схемния редактор (**Virtuoso Schematic Editor**). Транзисторът **nmos4** е реален и се взема от библиотеката **PRIMLIB**, обвързана със съответната технология. Стойностите на ширината и дължината на канала на транзистора се оставят по подразбиране – $w=10\mu\text{m}$ и $l=0.35\mu\text{m}$. Задаващите източници на напрежение (**vdc**), които се използват при симулация, се извикват от библиотеката **analogLib**. В полето **DC voltage** на входния източник, задаващ напрежението гейт-сорс, се присвоява променлива **Vgate**. Тази



променлива трябва се копира в прозореца на средата за аналогова симулация **ADE L** като от менюто **Variables** се избира командата **Copy from cellview**. Стойността ѝ може да се зададе от командата **Edit** на същото меню (ще го използвате в зад. II).

2. Задаване на постоянен ток анализ (dc).

За задаване на постоянен ток анализ от менюто **Analyses** се избира команда **Choose** и се маркира **dc**. За получаване на изходните характеристики на MOS транзистора е необходим избор на режим **Component parameter** на секцията **Sweep variable** и развивка по напрежението дрейн-сорс. За целта се натиска бутон **Select component**, посочва се в схемата източникът, задаващ напрежението дрейн-сорс. В появилия се прозорец се избира параметъра му **dc** и се посочва диапазон на изменение на стойностите му от 0 V до 3.XX V, където **XX** е 3 плюс последните 2 цифри от факултетния Ви номер, разделени на 100. Напр. за **101318001** ще бъде **3.31 V**, а за **101318020** – **3.50 V**.

В системата за автоматизирано проектиране CADENCE по подразбиране се запазват стойностите на напреженията във възлите на симулираната схема. За да могат да се визуализират токовете, те трябва предварително да се запазят като в менюто **Outputs** се избере команда **Save all** и се маркира опцията **all** на **Select device currents (currents)**.

3. Задаване на параметричен анализ (Parametric Analysis).

Формата за задаване на параметричен анализ се извиква от менюто **Tools** чрез команда **Parametric analysis**. Като изменящ се параметър се задава напрежението гейт-сорс чрез променливата **Vgate**. В полето **variable** се изписва името на променливата или се избира от падащия списък. Стойностите ѝ могат да бъдат например от **From = 0** до **To = 2.5**, **Total Steps = 5**.

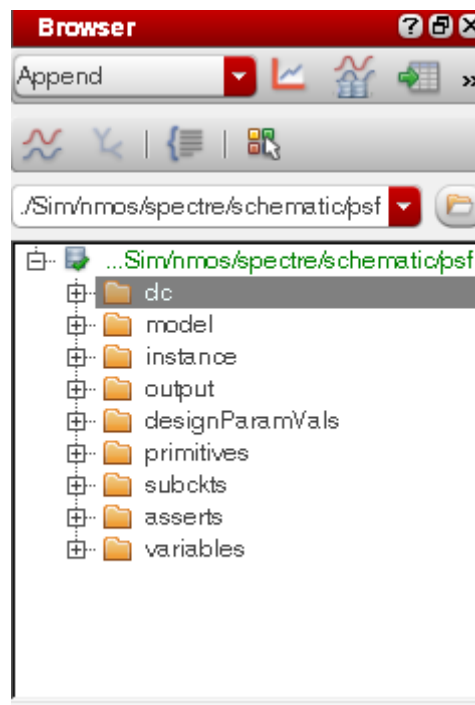
4. Стартиране на симулация.

Симулацията се стартира от формата за параметричен анализ като се избира командата **Start All** от менюто **Analyses**.

5. Визуализиране на резултатите.

За визуализиране на изходния ток след приключване на симулацията, от менюто **Tools** се избира **Results Browser**. В горния прозорец се кликва на знака [+], избира се **dc** (фиг. 2а), а в долния с двойно кликуване - **MNO:d** (фиг. 2б). Получава се резултат (фиг. 2в).

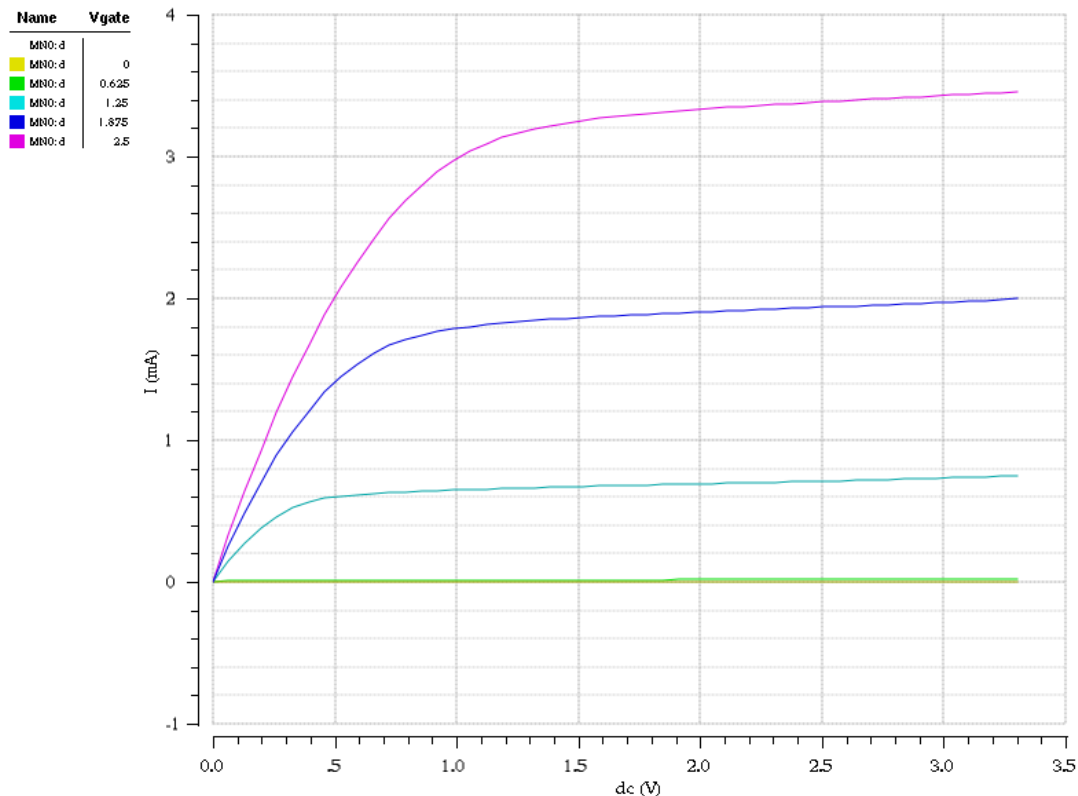
Като променливи при параметричен анализ могат да се задават параметри на транзистора (ширина **w** и дължина на канала **l**), а така също и параметри на други елементи, честота, температура и др.



Фиг. 2а. Избор на резултати от симулация.



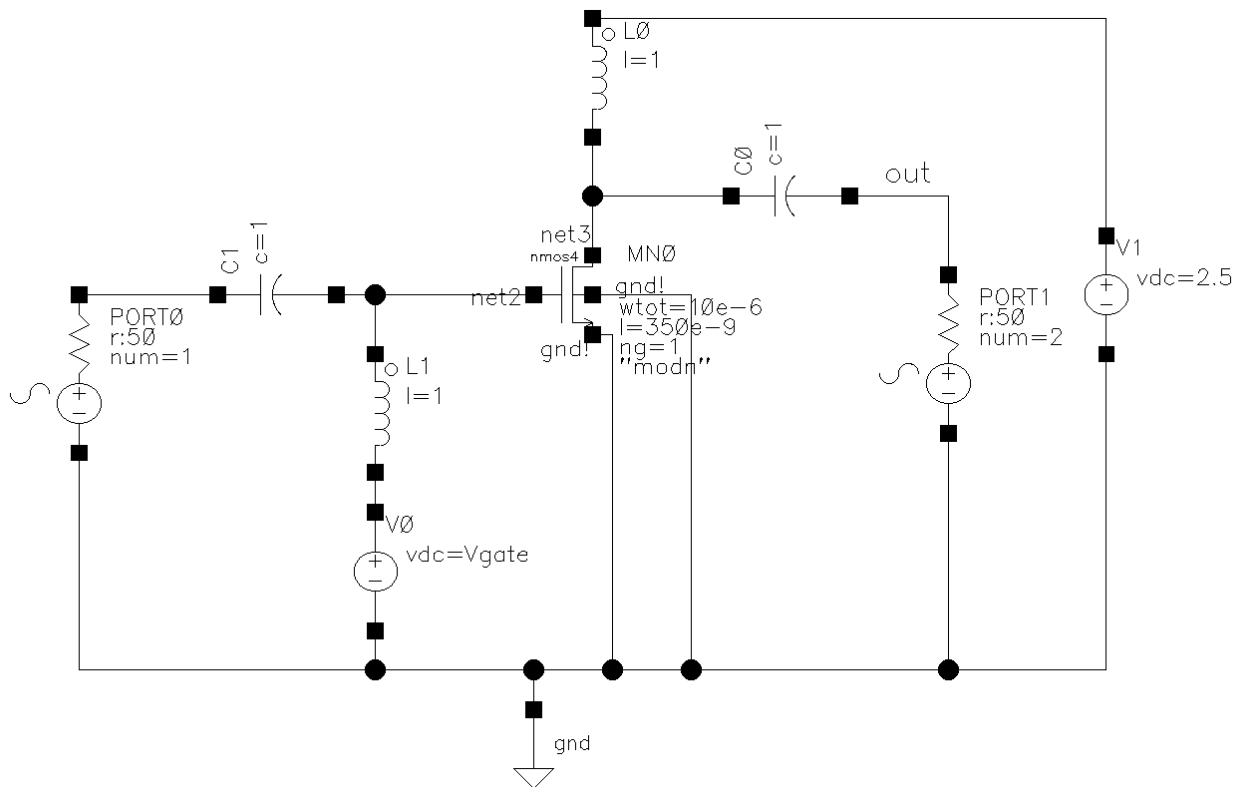
Фиг. 2б. Избор на дрейнов ток.



Фиг. 2в. Изходни характеристики на NMOS транзистор ($w=10\mu\text{m}$, $l=0.35\mu\text{m}$, брой гейтове=1).

II. Коефициент на шум (Noise Figure)

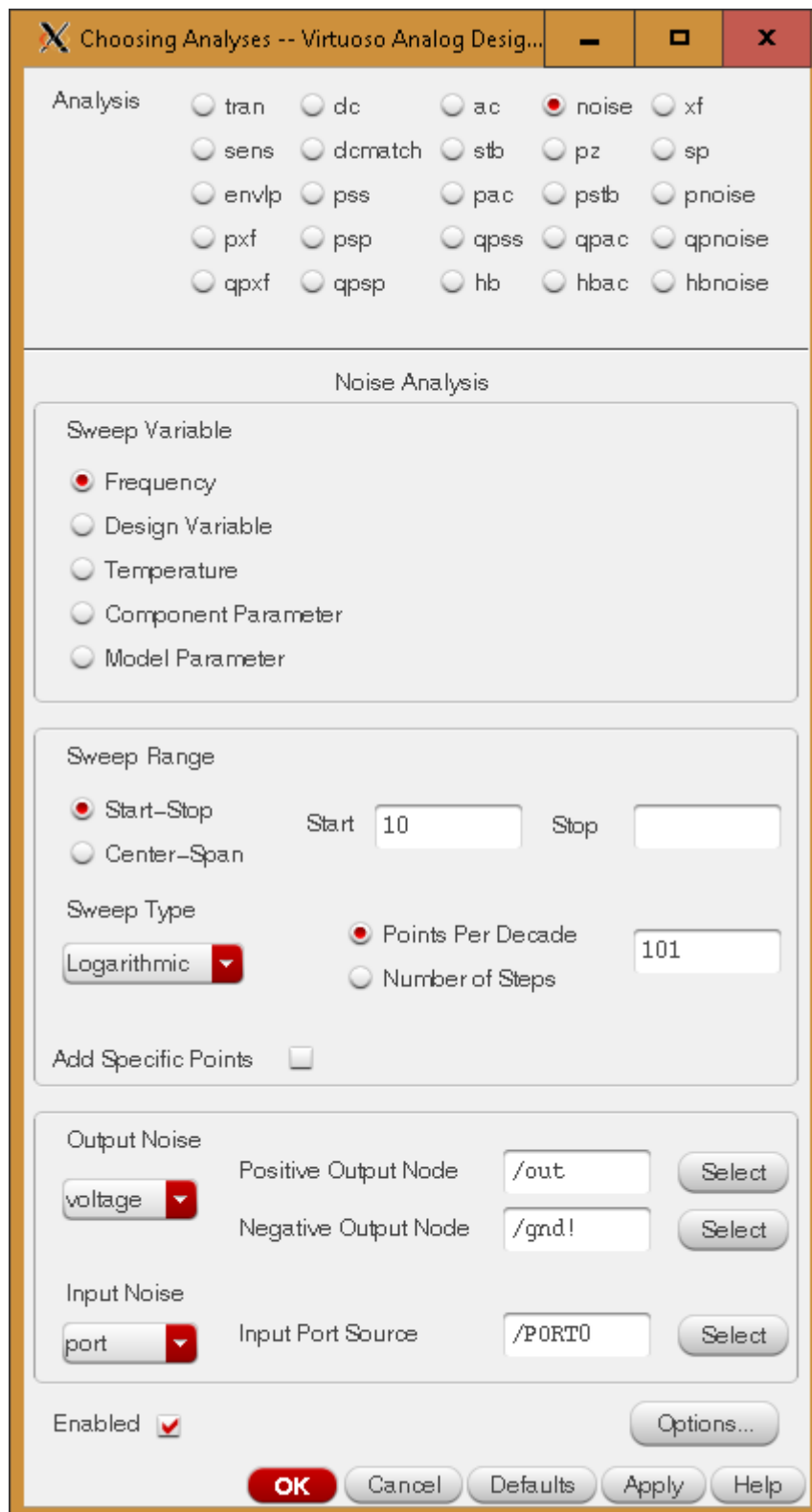
За изследване на коефициента на шума на транзистор се ползва схемата от фиг. 3. Необходимо е да се поставят на входа и изхода източници, използвани при изследване на шум (портове). Такива са компонентите **psin** от библиотеката **analogLib**. Във формата за задаване на параметри на всеки един от тях се попълва единствено номер на порта (**Port number**), който трябва да бъде цяло положително число, например 1 за PORT0 и 2 за PORT1. Бобините (**ind**) и кондензаторите (**cap**) са идеални елементи и се взимат от **analogLib**. Задават им се големи стойности – за капацитета **1 F** и за индуктивността **1 H**.



Фиг.3. Схема за определяне на коефициента на шума на NMOS транзистор.

Симулаторът **Spectre** дава възможност да се изследват шумови характеристики като: еквивалентен входен и изходен шум, квадратичен входен и изходен шум и др. Тези шумови характеристики се изследват чрез **noise** анализ. Пример за задаване на такъв тип анализ е показан на фиг. 4. в интервал от 10 до XG (гигахерца). X = 100 + последните 2 цифри от факултетния Ви номер.

Необходимо е да се копира променливата **Vgate** от електрическата схема чрез **Variables** ⇒ **Copy From Cellview**. След това ѝ се задава типична стойност 2.5, като се кликне в полето **Value** на подпрозореца **Design Variables** на **ADE L**.



Фиг. 4. Настройка на **noise** анализ.

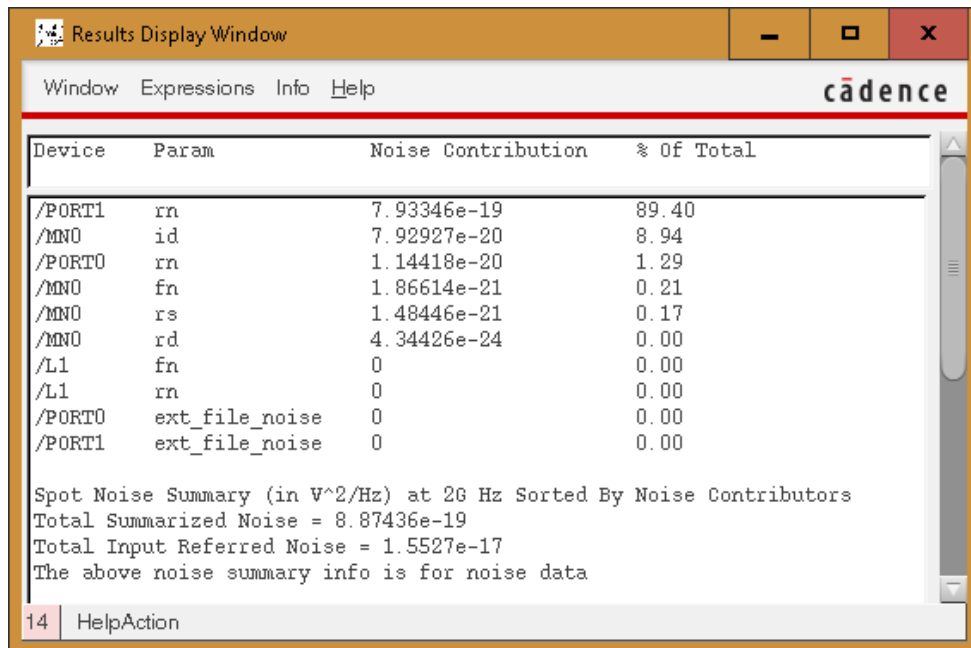
1. Визуализиране на резултатите при изследване на шум и разпределението му върху всички елементи в схемата (фиг. 5).

Results ⇒ Print ⇒ Noise Summary

Избира се: **Frequency spot: 2G**

Бутон **Include All Types**

Truncate by number top: 10

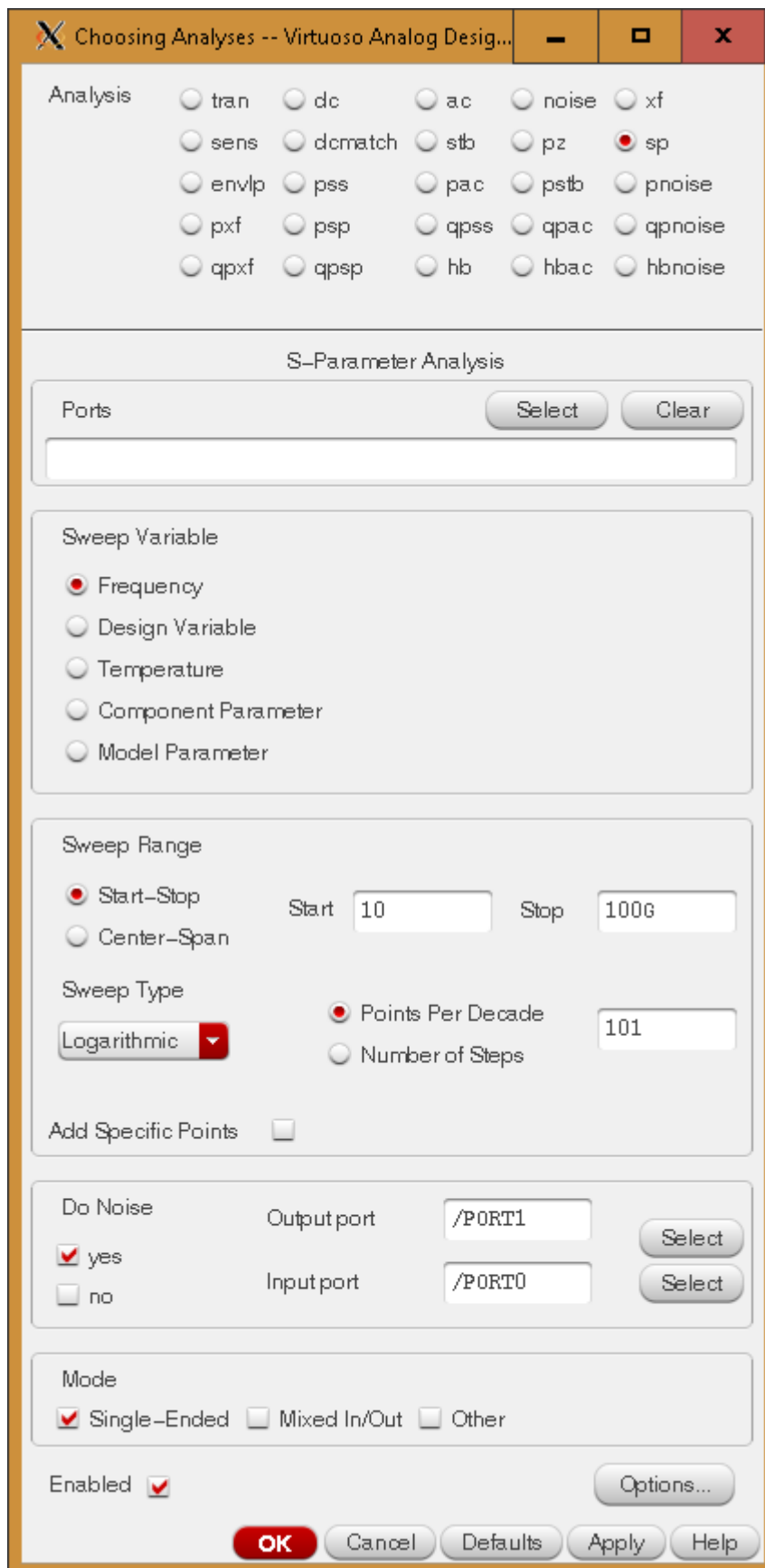


Фиг. 5. Разпределение на шума, генериран от елементите в схемата за изследване на MOS транзистор.

2. Задаване на анализ на разпределени параметри (sp).

Избирате **Analyses ⇒ Choose ⇒ sp**. Задава се честотната област, в която ще се изследва коефициента на шум и се посочват източниците на шум – входен и изходен порт (фиг. 6).

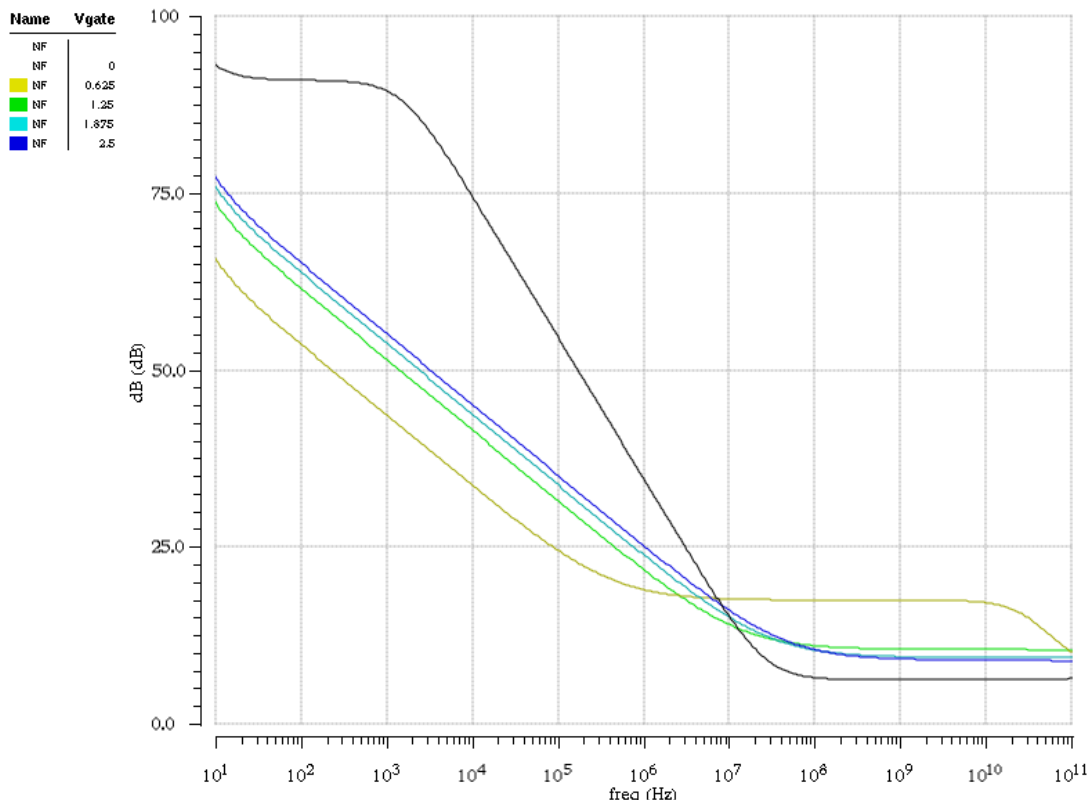
За изследване на коефициента на шума при различно гейтово напрежение се стартира параметричен анализ с променлива **Vgate**, както е показано в точка 1.3. Тук за крайна стойност трябва да сложите **To = 2.5** плюс последните 2 цифри на факултетния Ви номер, разделени на **100**, т.е. за **101318001** ще бъде **2.51**, а за **101318020** – **2.7**. Резултатите от такъв анализ за целия зададен честотен обхват са показани на фиг. 7.



Фиг. 6. Настройка на **sp** анализ.

3. Визуализиране на NF.

От менюто **Results** се избира командата **Direct plot** \Rightarrow **Main Form**. В новия прозорец се избира **sp, NF** и отдолу **db10**. Натиска се бутона **Plot**. Резултатът е изобразен на фиг. 7.



Фиг. 7. Коефициент на шума на MOS транзистор за целия честотен обхват при различни стойности на променливата **Vgate**.

Шумовите анализи показват стабилността на схемата по отношение на смущаващи сигнали, които могат да бъдат външни или генерирани от елементите в схемата. Има възможност да се изследва влиянието на параметрите на транзистора, като брой гейтове, дължина l и ширина w на канала, площ и други параметри върху шумовите характеристики.