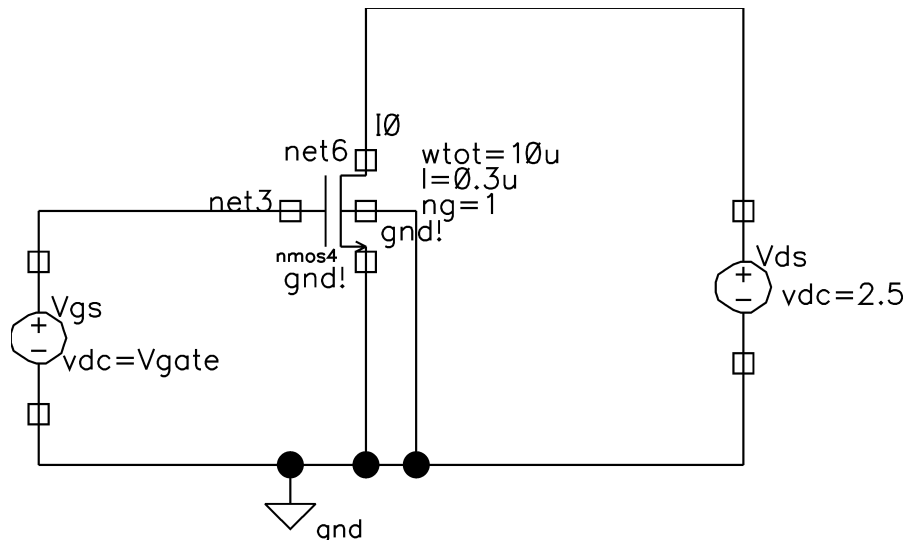


Упражнение № 2

Параметричен и шумов анализ

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 Composer**). Транзисторът `nmos4` е реален и се взима от библиотеката, обвързана със съответната технология (**PRIMLIB** за AMS 0.35 μm CMOS технология). Стойностите на ширината и дължината на канала на транзистора се оставят по подразбиране – $w=10\mu\text{m}$ и $l=0.3\mu\text{m}$. 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 V_{gate} . Тази променлива се копира в прозореца на средата за аналогова симулация **ADE (Analog Design Environment)** като от менюто **Variables** се избира командата **Copy from cellview**, а стойността ѝ се задава от командата **Edit** на същото меню.

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 необходима развивка по напрежението дрей-сорс. За целта като **Component parameter** се избира източникът, задаващ напрежението дрей-сорс, и се посочва диапазонът на изменение на стойностите на параметъра му **dc** от 0 до 3.3V.

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 **Select all DC/Transient terminal currents** (при използване на симулатора SpectreS).

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**. Стойностите ѝ могат да бъдат например от 0 до 2.5V с 5 стъпки на изменение.

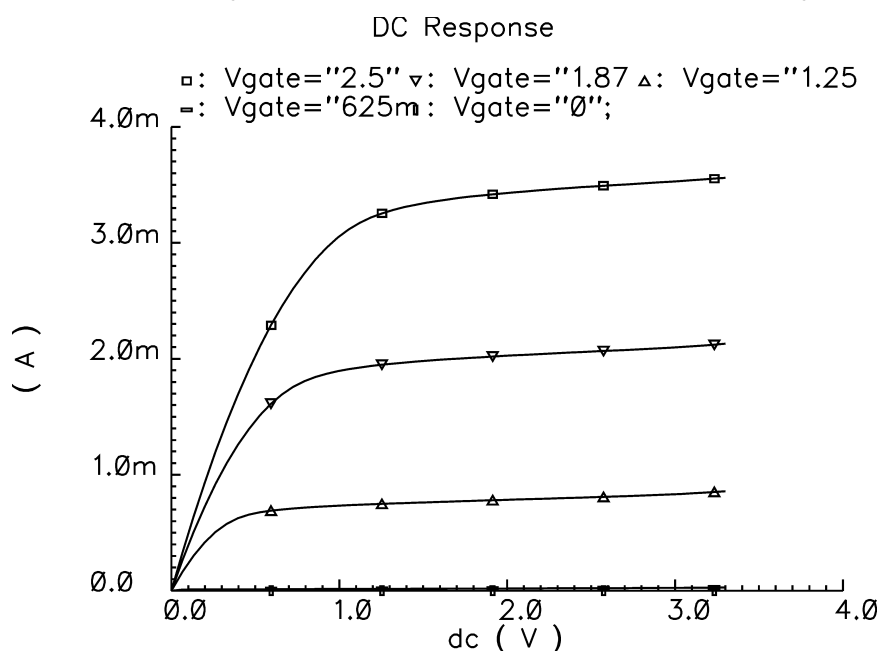
4. Стартиране на симулация.

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

5. Визуализиране на резултатите.

За визуализиране на изходния ток след приключване на симулацията, от менюто **Results** се избира **Direct Plot** \Rightarrow **dc** и в прозореца на схематичния редактор се селектира дрейновият пин на транзистора (фиг. 2). Той може да се изобрази графично и ако това е зададено преди стартирането на симулацията (**Outputs** \Rightarrow **To Be Plotted** \Rightarrow **Select On Schematic**).

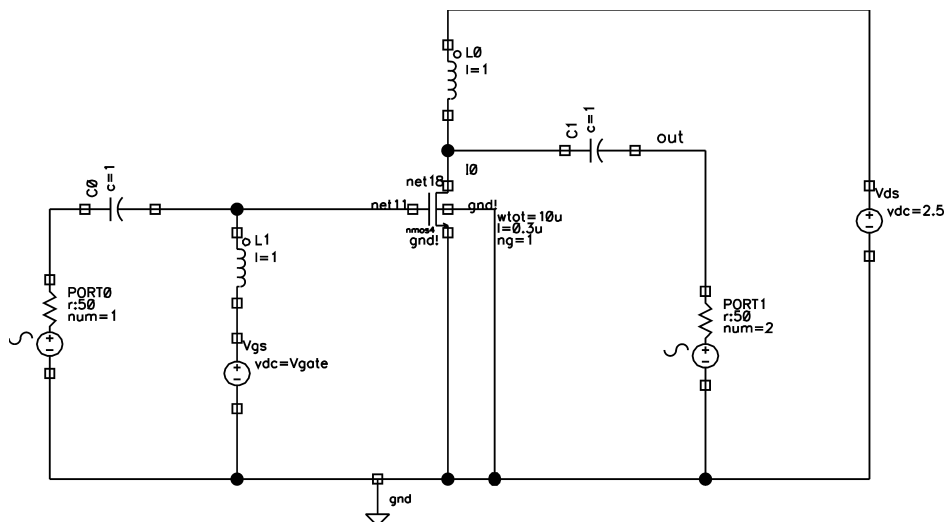
Като променливи при параметричен анализ могат да се задават параметри на транзистора (ширина **w** и дължина на канала **l**), а така също и параметри на други елементи, честота, температура и др.



Фиг. 2. Изходни характеристики на NMOS транзистор
($w=10\mu\text{m}$, $l=0.3\mu\text{m}$, 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 за PORT0 - 1, а за PORT1 - 2. Бобините (**ind**) и кондензаторите (**cap**) са идеални елементи и се взимат от **analogLib**. Задават им се големи стойности – за капацитета (**mF ÷ F**) и за индуктивността (**mH ÷ H**).



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

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

В прозореца на **ADE** се избира **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. 4).

2. Визуализиране на NF.

От менюто **Results** се избира командата **Direct plot ⇒ S-parameter...** Във формата за визуализиране на резултатите от **sp** анализа се маркира параметърът **NF**. Резултатът може да се представи като амплитудна стойност или в dB. Изчертаването на графиката става след натискане на бутона **Plot**.

Освен **NF** симулаторът SpectreS дава възможност да се изследват и други 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. 5.



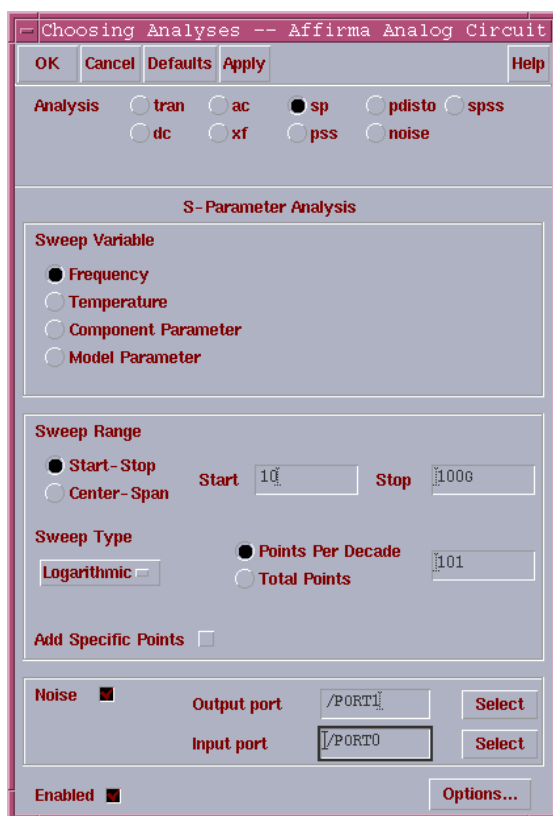
3. Визуализиране на резултатите при изследване на шум и разпределението му върху всички елементи в схемата (фиг. 6).

Print ⇒ Noise Summary

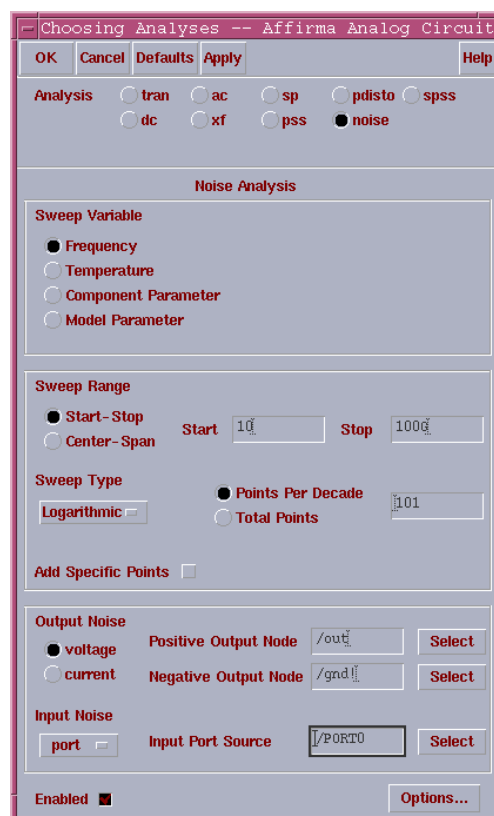
Избира се: Frequency spot: 2GHz

Filter ⇒ include: all types

Truncate&Sort: 10



Фиг. 4. Настройка на **sp** анализ

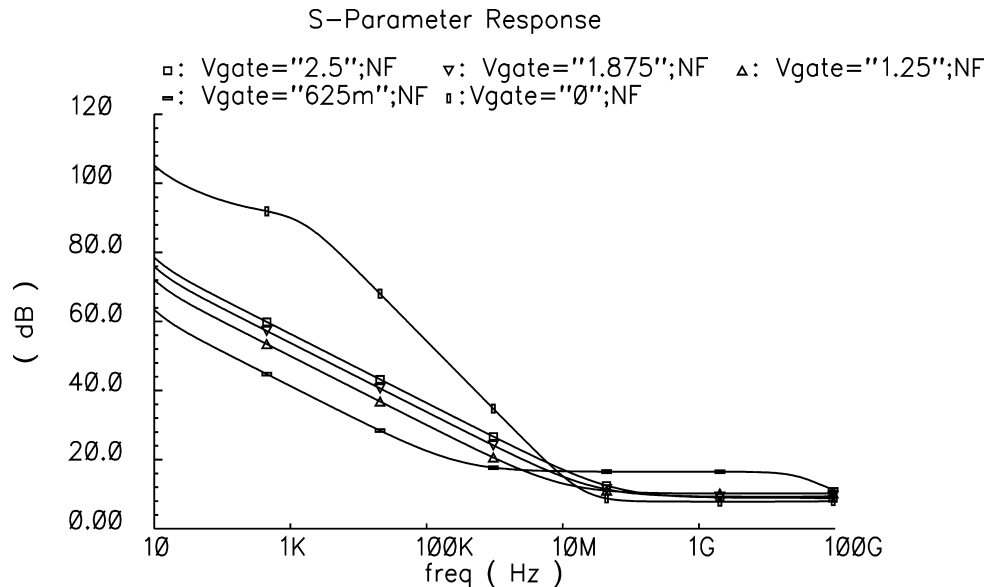


Фиг. 5. Настройка на **noise** анализ

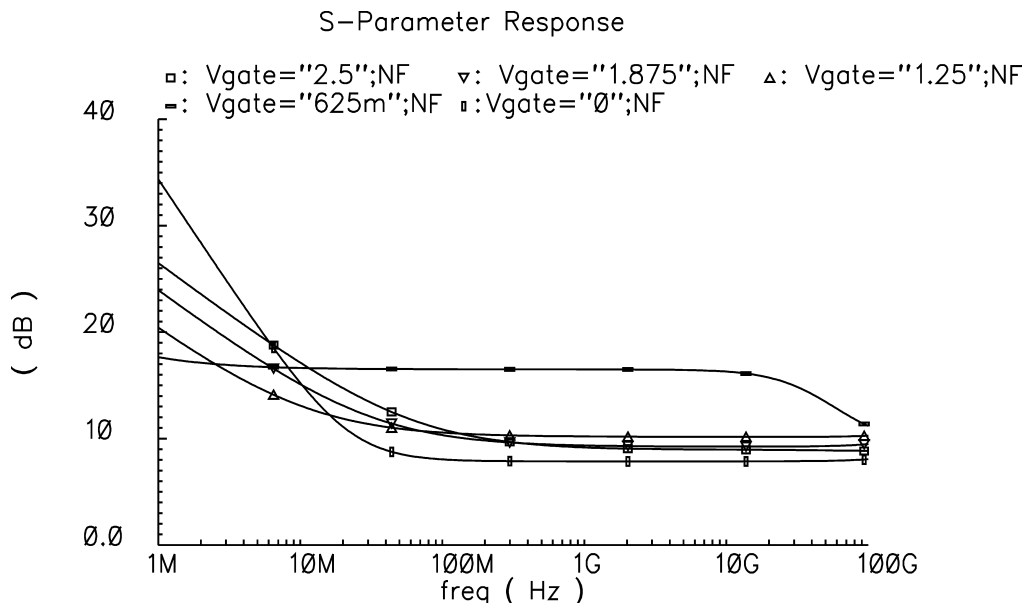
Results Display Window			
Window Expressions Info			Help 12
Device	Param	Noise Contribution	% Of Total
/PORT0	rn	1.64649e-18	49.46
/I0	id	8.99398e-19	27.02
/PORT1	rn	7.4217e-19	22.29
/I0	fn	2.47657e-20	0.74
/I0	rs	1.62093e-20	0.49
/I0	rd	7.56366e-23	0.00
/L1	fn	0	0.00
/L1	rn	0	0.00
/PORT0	ext_file_noise	0	0.00
/PORT1	ext_file_noise	0	0.00
Spot Noise Summary (in V ² /Hz) at 20 Hz Sorted By Noise Contributors			
Total Output Noise = 3.32911e-18			
Total Input Referred Noise = 4.1894e-19			

Фиг. 6. Разпределение на шума, генериран от елементите в схемата за изследване на MOS транзистор

За изследване на коефициента на шума при различно гейтово напрежение се стартира параметричен анализ с променлива **Vgate**, както е показано в точка 1. Резултатите от такъв анализ за целия зададен честотен обхват са показани на фиг. 7, а само за високи честоти на фиг. 8.



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



Фиг. 8. Коефициент на шума на MOS транзистор за високи честоти 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.