

«باسمه تعالی»



---

«گزارش و پیش گزارش آزمایش نهم»

آشنایی با ترانزیستورهای MOS

---



طراحی و تدوین:

مهدی رحمانی

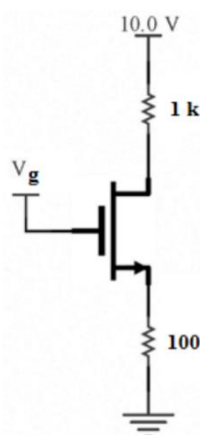
9731701

## هدف آزمایش

در این آزمایش به طور مختصر با ترانزیستورهای MOS و نحوه عملکرد آن ها آشنا می شوید.

### آزمایش اول: تعیین ولتاژ آستانه ترانزیستور NMOS

در این آزمایش ابتدا به کمک یکی از ترانزیستورهای NMOS موجود در تراشه CD4007 مدار شکل روبرو را میسازیم.

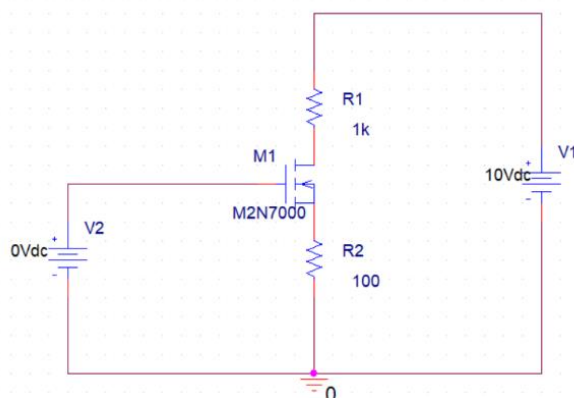


حال با استفاده از اختلاف پتانسیلی که بین درین و سورس تشکیل میشود، میزان ولتاژ آستانه ترانزیستور تعیین خواهد گردید. برای یافتن ولتاژ آستانه نیز به صورت زیر عمل میکنیم:

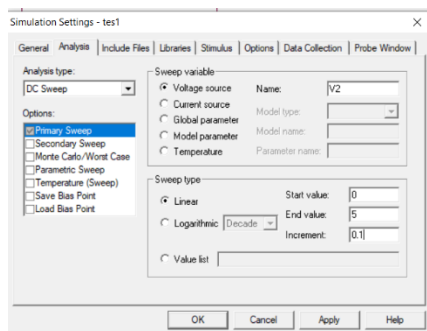
ابتدا منبع تغذیه مربوط به ولتاژ گیت را بر روی صفر تنظیم کرده و سپس به آرامی مقدار آن را افزایش دهید. هنگامی که عبور جریان از مقاومت درین آغاز گردد (درواقع جریان درین به مقدار  $0.1\text{mA}$  برسد) ترانزیستور روشن شده است. در حقیقت با افزایش تدریجی ولتاژ منبع تغذیه مقدار  $V_{gs}$  افزایش میابد و به ولتاژ آستانه میرسد و ترانزیستور روشن خواهد شد.

به محض اینکه جریان درین به مقدار خواسته شده رسید، ولتاژ گیت- سورس نشان دهنده ولتاژ آستانه خواهد بود.

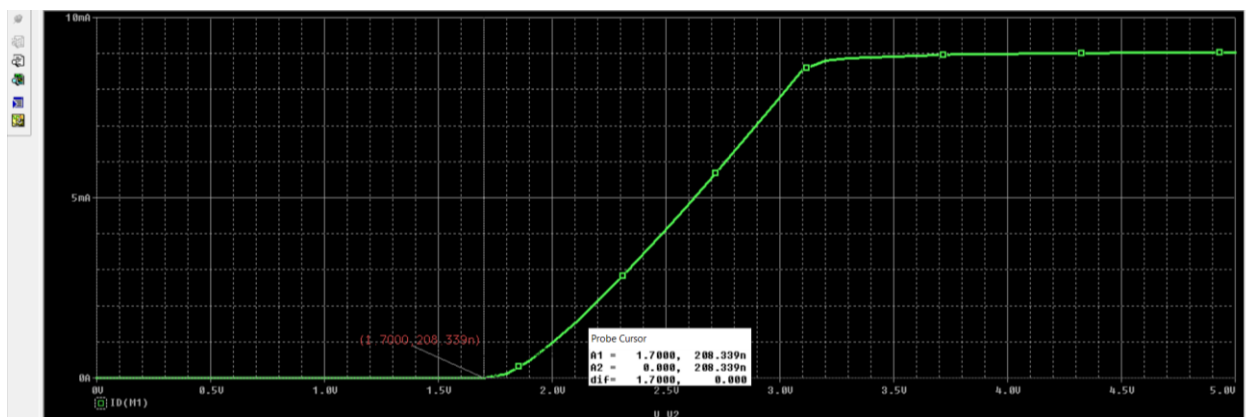
ابتدا مدار مورد نظر را در نرم افزار اورکد میبندیم. برای ترانزیستور از M2N700 استفاده میکنیم از دوتا منبع هم استفاده میکنیم. منبع سمت راستی مقدار 10 ولت دارد و منبع سمت چپی مقدار اولیهش مهم نیست چرا که میخواهیم روی آن sweep کنیم.



حال برای تحلیل نوع آن را DC Sweep میگذاریم. نام منبع سمت چپ که برای ولتاژ گیت است  $V_2$  میباشد که باید اضافه کنیم و نقطه ی شروع را 0 و نقطه ی پایان را 5 و مقدار افزایش را 0.1 در نظر میگیریم.

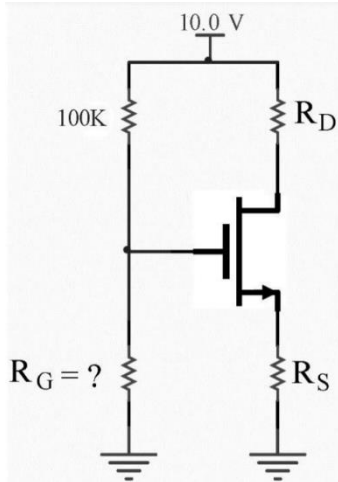


با گذاشتن یک probe جریان شبیه سازی را اجرا میکنیم:



این نمودار تغییرات جریان drain source را به ازای ولتاژ گیت را نشان میدهد. طبق نمودار از ولتاژ حدود  $1.7V$  به بعد مقدار جریان زیاد میشود. پس میتوان گفت ولتاژ آستانه حدودا همان  $1.7$  ولت میباشد. (تقریبا بین  $1.7$  و  $1.8$  ولت میباشد).

## آزمایش دوم: بایاس ساده ترانزیستور NMOS



در مدار شکل روبرو با استفاده از نتایج به دست آمده برای ولتاژ آستانه ، مقاومت سورس را طوری انتخاب کنید که جریان درین 20mA باشد. مقاومت درین را طوری انتخاب کنید که ولتاژ درین 8V شود.

هم چنین این مدار را روی برد برد ببندید. ولتاژ درین و سورس را اندازه بگیرید و با مقدار تئوری خود مقایسه کنید. چه قدر خطا دارید؟ دلیل آن را توضیح دهید.

طبق گفته ی سوال جریان گذرنده از مقاومت  $R_D$  برابر 20mA میباشد. هم چنین ولتاژ درین (سر پایین آن) هم 8 ولت است. طبق شکل ولتاژ سر دیگر نیز 10 ولت میباشد. بنابراین داریم:

$$R_D = \frac{V}{I} = \frac{10 - 8}{20 \times 10^{-3}} = 100\Omega$$

جریان در مدار برقراره یعنی  $V_{gs}$  به ولتاژ آستانه رسیده و رد شده که درین سورس جریان بیشتری میکشد.

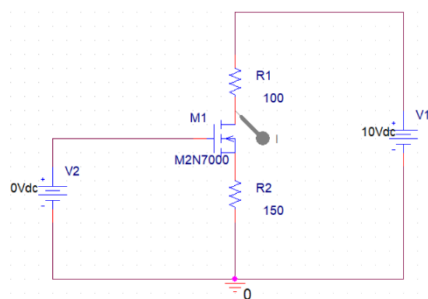
حال چون مقادیر دقیق را نمیدانیم ابتدا حدس میزنیم و  $R_S$  را به دست می آوریم. سپس روی ولتاژ گیت sweep میکنیم و به ازای مقادیر مختلف ولتاژ چک میکنیم که چه زمانی جریان گذرنده از  $R_D$  برابر 20mA میشود.

از مثال قبل به دست آوردیم که ولتاژ آستانه برابر 1.7 ولت میباشد. حال فرض میکنیم که ولتاژ سورس ما بزرگتر از آن باشد. اگر برای مثال تقسیم بندی را طبق ویدیوی آزمایش انجام دهیم و حدودی ولتاژ  $R_S$  را 3 ولت و ولتاژ گیت را 5 ولت درنظر بگیریم با توجه به اینکه جریان گذرنده 20mA می باشد خواهیم داشت:

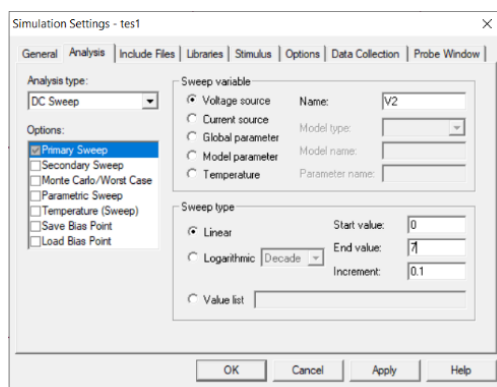
$$R_S = \frac{3}{20 \times 10^{-3}} = 150\Omega$$

حال برای اینکه مقدار دقیق را به دست آوریم با توجه به مقاومت های 100 اهم و 150 اهم مدار میبندیم و به ازای ولتاژهای مختلف گیت مدار را sweep میکنیم تا ببینیم کجا به جریان 20mA میرسیم. هر موقع رسیدیم آن مقدار ولتاژ گیت ما میباشد.

مدار مورد نظر به صورت زیر می‌شود:



تنظیمات آن نیز به صورت زیر می‌باشد:



نمودار شبیه سازی نیز به این صورت می‌باشد:

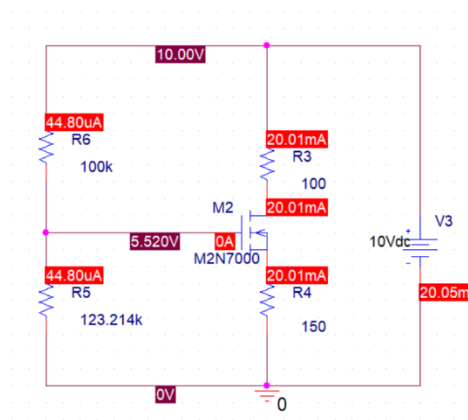


همانطور که مشخص است اگر ولتاژ گیت 5.52 ولت باشد جریان عبوری برابر 20mA می‌باشد.

حال اگر باز به مدار داده شده نگاه کنیم به کمک تقسیم ولتاژ و ولتاژ گیت به دست آمده می‌توان  $R_G$  را به دست آورد:

$$5.52 = \frac{10 \times R_G}{100k\Omega + R_G} \rightarrow 4.48R_G = 552k\Omega \rightarrow R_G = 123.214k\Omega$$

حال اگر دوباره مدار موردنظر را ببندیم و بررسی کنیم باید جریان گذرنده از درین سورس 20mA باشد. مدار به صوت زیر است. هم چنین برای تحلیل از Bias point استفاده شده است.



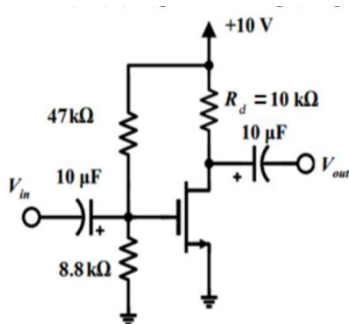
همانطور که مشاهده میشود جریان درین برابر 20mA و ولتاژ درین نیز برابر 8 ولت میباشد. علت اندک خطایی هم که وجود دارد به دلیل تقریب زدن ها و گرد کردن هایی است که انجام شده است.

## آزمایش چهارم: تقویت کننده سورس مشترک با ترانزیستور NMOS

### پیش گزارش

بهره ولتاژ  $V_{out}$  برحسب  $V_{in}$  را حساب کنید.

### آزمایش

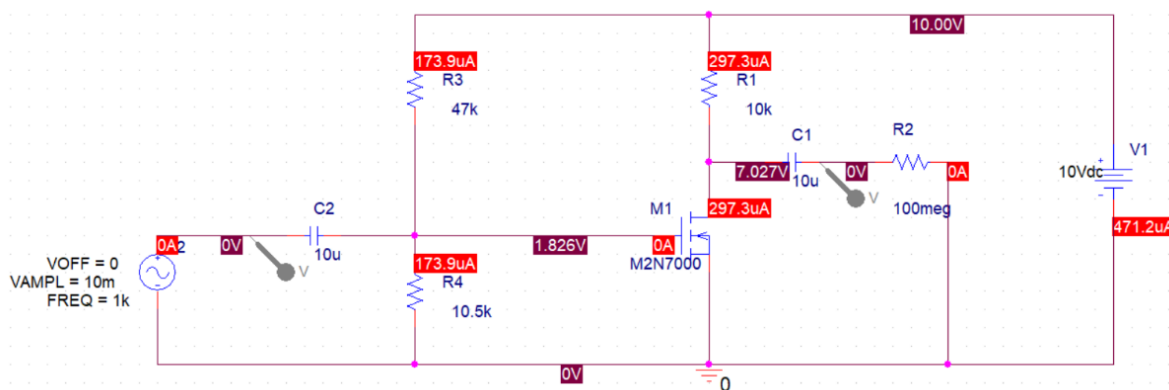


مدار شکل روبرو یک مدار سورس مشترک می باشد که در آن ورودی به گیت اعمال شده و خروجی از درین گرفته می شود. این مدار را ببندید و جداول را تکمیل کنید.

ولتاژ ورودی به گیت یک موج سینوسی با دامنه 100 میلی ولت و فرکانس 1KHz است.

دو نکته لازم به ذکر است. اول اینکه مقاومت  $8.8\text{k}\Omega$  باید به  $10.5\text{k}\Omega$  تبدیل شود. چراکه در حالت اول اصلا به ولتاژ آستانه نمی رسد و ترانزیستور روشن نمیشود. نکته ی دیگر آن است که چون در شبیه سازی یک سیم نمیتواند روی هوا باشد یک مقاومت بزرگ مثلا 100meg با خازن سمت راست به صورت سری قرار میدهم و طرف دیگر آن را به زمین وصل میکنیم.

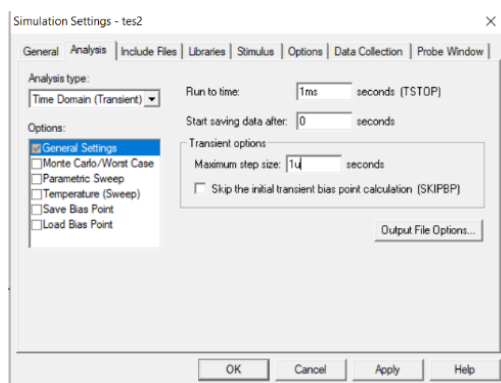
به کمک تحلیل bias point خواهیم داشت:



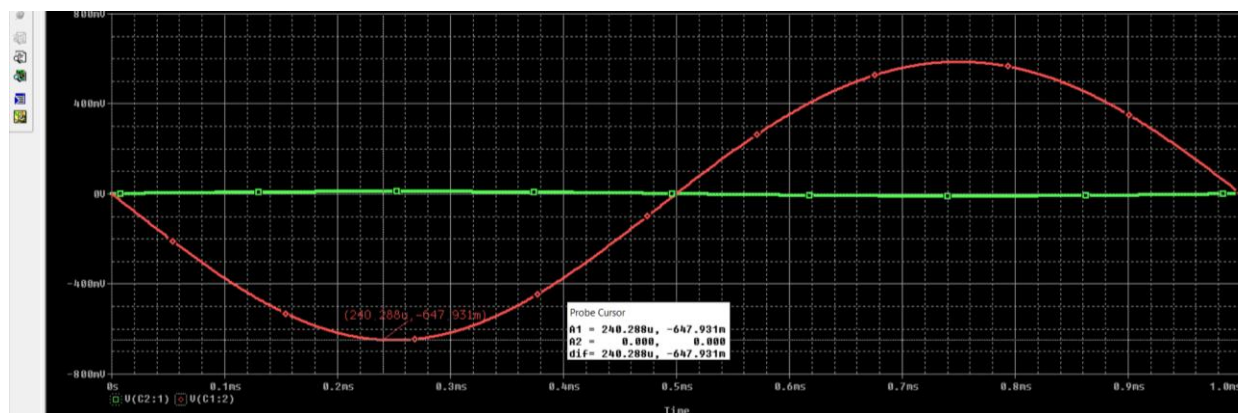
حال مطابق مقادیر موجود در شکل فوق جدول اول را پر میکنیم:

$I_d$	$V_d$	$V_g$	پارامتر
297.3 $\mu$ A	7.027V	1.826V	مقدار اندازه گیری شده

در این مرحله از تحلیل time domain کمک میگیریم و تنظیمات شبیه سازی به صورت زیر میباشد:



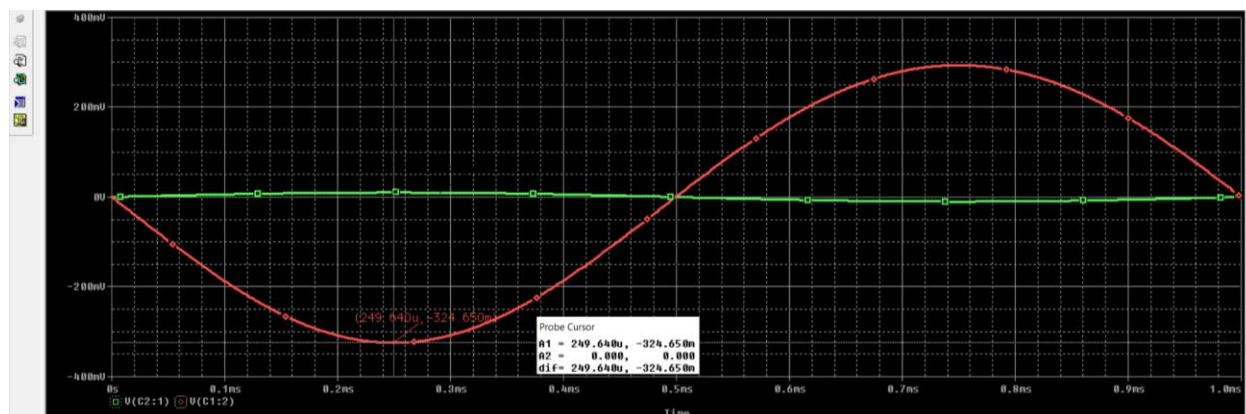
پس از اجرای شبیه سازی برای  $R_d=10k\Omega$  داریم:



نمودار قرمز رنگ برای خروجی و نمودار سبز رنگ برای ورودی میباشد. ورودی یک موج سینوسی با دامنه ی 10mV میباشد. همچنین در ورودی یک ولتاژ سینوسی با دامنه 10mV داریم. همانطور که مشخص است موج خروجی تقریباً 180 درجه با موج ورودی اختلاف فاز دارد. در حالت فوق دامنه ی خروجی 647.931mV میباشد.



حال اگر برای  $R_d=5k\Omega$  شبیه سازی کنیم خواهیم داشت:



در این حالت نیز دامنه ی خروجی برابر با  $324.650mV$  می باشد.

حال به سراغ جدول میرویم و مقادیر به دست آمده را جایگذاری میکنیم:

$R_d$	$V_{in}$	$V_o$	$A_v$ عملی	$A_v$ تئوری	درصد خطا
<b>10k<math>\Omega</math></b>	10mV	647.931mV	64.793		
<b>5k<math>\Omega</math></b>	10mV	324.65mV	32.465		