

به نام خدا

تمرین کامپیوتری اول درس VLSI

تاریخ تحویل: ۹۷/۱۲/۱۲

نگارش: شیوا تقی پور (taghipoor_shiva@yahoo.com)

در این تمرین، به کمک شبیه‌ساز HSPICE ابتدا با معیار عملکرد کیفی ترانزیستورهای MOSFET آشنا خواهیم شد و سپس مشخصه I-V یک مدل واقعی از ترانزیستور را با مدل تقریبی مقایسه خواهیم کرد و در انتها، اثر بدنه را بررسی می‌کنیم.

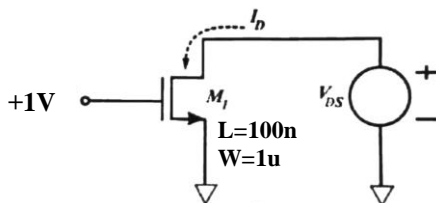
بررسی عملکرد کیفی ترانزیستورهای MOSFET

برای بررسی عملکرد کیفی ترانزیستورها، معیاری را بر حسب تغییرات جریان درین نسبت به تغییرات ولتاژ گیت-سورس تعریف می‌کنند که این معیار را هدایت انتقالی می‌گویند و با g_m نشان می‌دهند. کمیت g_m به صورت زیر قابل بیان است:

$$g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_{V_{DS}=cte}$$

در واقع این کمیت، حساسیت ترانزیستور را نشان می‌دهد. برای g_m بزرگ، هر تغییر کوچکی در V_{GS} سبب تغییر بزرگی در I_D خواهد شد. در تمرین زیر قصد داریم g_m را بر حسب تابعی از V_{DS} بیان کنیم.

۱- برای مدار شکل ۱، هدایت انتقالی (g_m) را در ناحیه خطی و اشباع به صورت پارامتری به دست آورید و بر حسب تابعی از V_{DS} به صورت تقریبی نمایش دهید (فقط نحوه تغییرات مهم است). سپس با استفاده از HSPICE نمودار g_m بر حسب V_{DS} (از ۰ تا ۱ ولت با فاصله ۰/۰۱ ولت) را رسم کنید. (راهنمایی: برای ترسیم g_m می‌توانید از دستور LX7 کمک بگیرید).



شکل ۱

استخراج پارامترهای مدل از شبیه سازی

هدف از این مساله، شبیه سازی مدل واقعی یک ترانزیستور با استفاده از HSPICE و استخراج اطلاعات پایه‌ای از نتایج آن برای ساخت یک مدل تقریبی (مورد استفاده در محاسبات دستی) برای ترانزیستور است که در انتها به مقایسه این دو مدل می‌پردازیم.

۲- الف) با استفاده از HSPICE، نمودارهای مشخصه I-V (I_{DS} بر حسب V_{DS}) را برای یک ترانزیستور NMOS با پارامترهای زیر نمایش دهید.

```
L=100n
W=1u
Sweep  $V_{DS}$  from 0V to 1V in 0.01V increments
 $V_{GS} = 0.4V, 0.6V, 0.8V, 1V$ 
 $V_{SB} = 0$ 
```

ب) با توجه به نتایج شبیه سازی قسمت الف، پارامترهای مدل شامل V_{T0} ، λ و K_p را محاسبه. ($|2\phi_F| = 0.6V$)

راهنمایی:

VT0: Select two points in the saturation region from different VGS curves, but with VSB=0 and the same VDS in both cases. This allows us to extract VT0

λ is extracted with the same method, this time picking two points with the same VGS but differing VDS:

k_p is found by plugging a single point into the saturation current equation:

$$I_{DS} = \frac{1}{2} k_p \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{T0})^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

ج) در این مرحله، به کد نوشته شده خود در قسمت الف، یک مدل جدید با پارامترهای به دست آمده در قسمت (ب) اضافه کنید. (راهنمایی: برای نوشتن مدل جدید خود می‌توانید از کد زیر استفاده نمایید.)

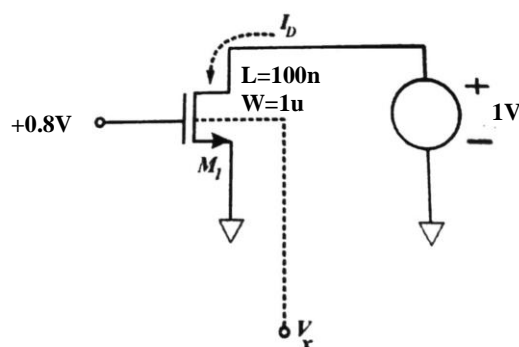
```
.model nmos_simple NMOS (LEVEL = 1
+ VT0=?? KP=?? LAMBDA=?? PHI=0.6)
```

حال نمودارهای I-V ترانزیستور NMOS را با استفاده از مدل ساده شده (ناشی از پارامترهای به دست آمده از قسمت (ب)) رسم نموده و با نمودارهای به دست آمده از مدل اصلی (قسمت الف)) مقایسه کنید و تفاوت‌ها را بیان نمایید.

اثر بدنه

اثر بدنه (body effect) یکی از اثرات مرتبه دوم است که با مثبت تر شدن ولتاژ سورس نسبت به زیر لایه ایجاد می شود. چرا که این امر موجب جذب بیشتر الکترون ها به سمت ناحیه سورس شده و ولتاژ V_G بزرگتری را برای ایجاد کانال می طلبد. بنابراین V_{TH} بزرگتر خواهد شد که این پدیده را اثر بدنه یا اثر زیر بنائی می گویند.

۳- در شکل ۲ برای چه مقداری از V_x جریان درین صفر خواهد شد؟ فرض کنید V_x بتواند از $-\infty$ تا صفر تغییر کند و $V_{TH0} = 0.45V$ ، $\gamma = 0.6V^{0.5}$ و $|\phi_F| = 0.3V$. منحنی تغییرات جریان I_D را بر حسب V_x با استفاده از شبیه ساز HSPICE رسم کنید.



شکل ۲

به نکات زیر توجه فرمایید:

- برای شبیه سازی تمامی تمرین ها از کتابخانه 45 nm PTM استفاده کرده و ولتاژ تغذیه را ۱ ولت در نظر بگیرید.
- لطفاً دو پوشه مجزا برای کد و گزارش در نظر گرفته شود و تمامی کدها و فایل های مورد نیاز برای اجرای مجدد برنامه را برای هر تمرین در یک زیر پوشه جداگانه قرار دهید. فایل حاوی پوشه های کد و گزارش را در قالب یک فایل فشرده zip با نام CA1_student number-student name در سایت آپلود نمایید.
- در صورت نیاز می توانید سوالات خود را از طریق ایمیل بپرسید. (taghipoor_shiva@yahoo.com)

موفق باشید