



به نام خدا

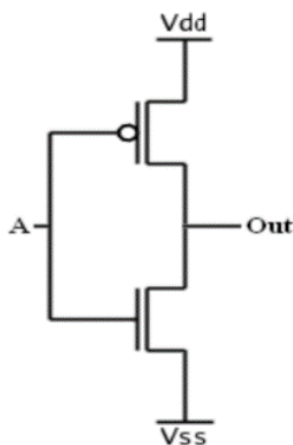
تمرین کامپیوتری اول درس الکترونیک دیجیتال

تاریخ تحویل: ۱۴۰۱/۸/۳

هدف از این تمرین، آشنایی با نرم افزار HSPICE، شبیه سازی یک وارونگر (inverter)، نمایش شکل موج‌های خروجی و استخراج پارامترهای مدل تقریبی یک ترانزیستور از شبیه سازی مدل واقعی آن است.

شبیه سازی‌ها را با کتابخانه 45 nm PTM (در سایت آپلود شده) انجام داده و ولتاژ تغذیه را ۱ ولت در نظر بگیرید.

قسمت اول: بررسی مشخصه انتقالی یک وارونگر



۱- در این قسمت، ابتدا ساختار یک وارونگر را مطابق شکل ۱ ایجاد نمایید.

(L را حداقل مقدار تکنولوژی (45nm) در نظر بگیرید و

برای سه حالت $\beta = 0.4, 2, 10$ نتایج را گزارش نمایید.

$$\left(\frac{W_p}{W_n} = \frac{2 * L * \beta}{2 * L} \right)$$

شکل ۱- ساختار یک گیت Inverter

الف) مشخصه خروجی به ورودی (VTC) مدار را برای همه حالات گفته شده به دست آورده و گزارش کنید.

ب) در هر حالت، مقادیر $V_M, V_{OH}, V_{OL}, V_{IH}, V_{IL}$ را نیز به دست آورید و در جدولی به طور منظم ارائه نمایید.

ج) ورودی مدار را به یک منبع پالسی با مقدار اولیه صفر و مقدار نهایی ۱ ولت وصل کنید که به مدت ۲۰ نانوثانیه در حالت ۱ ولت باشد و پریود زمانی ۱۰۰ نانو ثانیه نیز داشته باشد. زمان صعود و نزول را هم برابر با ۱۰ پیکو ثانیه در نظر بگیرید.

TR=10ps

TF=10ps

PW=20ns

PER=100ns

حال گره خروجی را یکبار به خازن 50fF و بار دیگر به خازن 20fF متصل کرده و شکل موج خروجی را برای هر حالت گزارش کنید. (فقط برای حالت $\beta=2$)

برای هر حالت t_{rise} و t_{fall} را نیز به دست آورده و با هم مقایسه کنید. (با ذکر دلیل)

قسمت دوم: استخراج پارامترهای مدل از شبیه سازی

۲- 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.

الف) با استفاده از HSPICE، نمودارهای مشخصه I-V (برحسب 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 قسمت الف، پارامترهای مدل شامل V_{T0} ، λ و K_p را محاسبه کنید. ($|2\phi_F| = 0.6V$)

راهنمایی:

V_{T0} : Select two points in the saturation region from different V_{GS} curves, but with $V_{SB}=0$ and the same V_{DS} in both cases. This allows us to extract V_{T0}

λ is extracted with the same method, this time picking two points with the same V_{GS} but differing V_{DS} :

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

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

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.