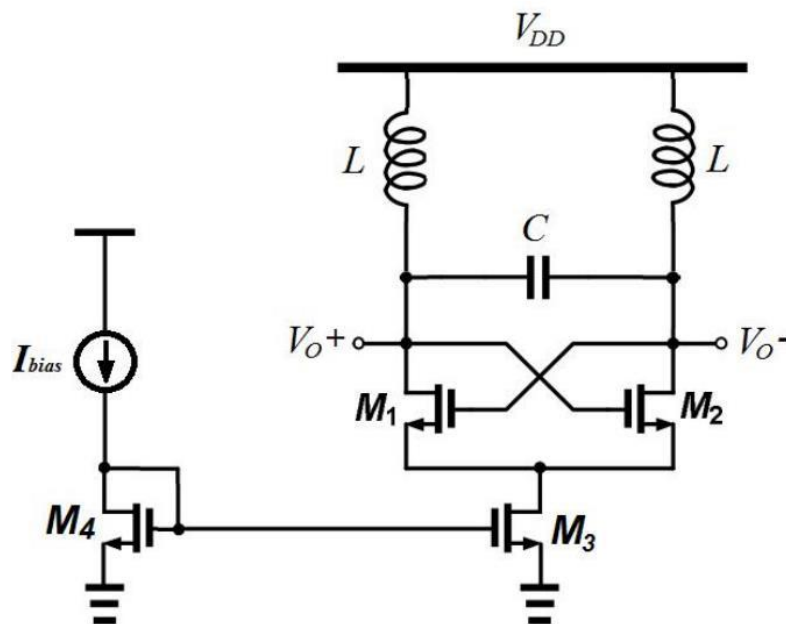




در این تمرین، به طراحی و شبیه سازی یک Voltage Controlled Oscillator یا VCO خواهیم پرداخت. VCO نوعی خاص از اسیلاتور است که فرکانس نوسان آن با یک ولتاژ کنترلی قابل تنظیم است. یک ساختار متداول برای این اسیلاتور، Differential VCO می باشد که مدار آن در شکل زیر قابل مشاهده است.



در پیاده سازی VCO، از خازن متغیر یا Varactor و همچنین سلف تکنولوژی استفاده خواهیم نمود. لذا با تغییر ولتاژ Tuning اعمالی به خازن متغیر، می توان فرکانس نوسان اسیلاتور را به دلخواه تغییر داد. همچنین جریان مورد نیاز VCO توسط یک مدار آینه جریانی تامین می شود.

مشخصات طراحی:

- بازه فرکانس خروجی بین 2050MHz تا 2150MHz است.
- منبع جریان I_{bias} دارای جریان $50\mu A$ است.
- ولتاژ تغذیه $V_{DD} = 1.8V$ بوده و مجموع جریان کشیده شده از منبع کمتر از 2mA است.

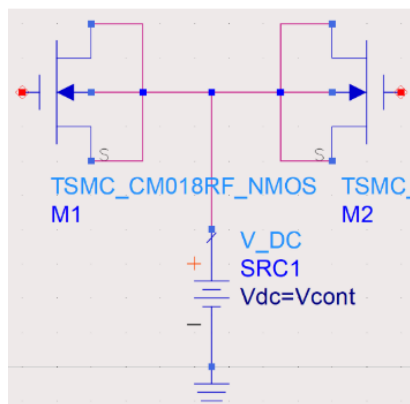
- مساحت مدار در حالت کمینه است. طول تمام ترانزیستور ها 180nm بوده و عرض ترانزیستور ها لازم است کمینه باشد.
- نویز فاز در آفست 1MHz لازم است کمتر از -120dBc/Hz باشد.

طراحی سلف

در این بخش، هدف شبیه سازی سلف موجود در تکنولوژی، و رسم نمودار ضریب کیفیت بر اساس تعداد دور است. برای این کار، لازم است هر دو سلف STD و SYM را شبیه سازی کرده و با تعریف تعداد دور به صورت پارامتری و Sweep کردن آن تا مقدار بیشینه مجاز، ضریب کیفیت را به دست آوریم. عرض سلف را 15um و فرکانس مرکزی را 2.1GHz در نظر بگیرید. حال بیشینه ضریب کیفیت در چه تعداد دوری حاصل می شود؟ نمودار مقدار سلف و ضریب کیفیت سلف را بر اساس تعداد دور رسم کنید.

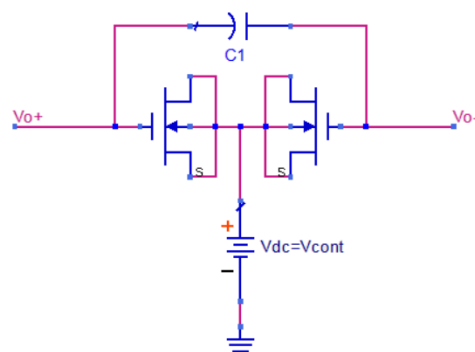
طراحی خازن متغیر

یک ساختار متداول برای خازن متغیر Varactor، ساختار شکل زیر است که با تغییر بایاس ترانزیستورها و در نتیجه تغییر مقدار خازن های پارازیتی، ظرفیت معادل مدار نیز تغییر می کند. ولتاژ V_{cont} را از 0 تا V_{DD} ، Sweep کرده و نمودار خازن معادل بر حسب ولتاژ کنترلی را به دست آورید. فرکانس کاری 2.1GHz است. بازه متناظر با عملکرد خطی خازن و مقدار خازن در وسط بازه را به دست آورید.



طراحی اسیلاتور

- عرض ترانزیستور M_3 را طوری به دست آورید که جریان از 2mA بیشتر نشود.
- مقدار g_m ترانزیستور های $M_{1,2}$ را به دست آورید.
- شرط راه اندازی اسیلاتور را بر حسب مقاومت سلف به دست آورید. همچنین کمینه مقدار مقاومت موازی سلف را نیز گزارش کنید. با استفاده از رابطه تبدیل مقاومت موازی/سری، کمینه مقاومت سری را نیز به دست آورید.
- فرکانس خروجی اسیلاتور را بر حسب L و C به دست آورید.
- حال مقدار سلف را در حالت بهترین انتخاب برای مقدار مقاومت سری، W سلف و همچنین ضریب کیفیت آن برای دستیابی به شرط راه اندازی به دست آورید.
- با توجه به مقدار سلف به دست آمده، مقدار بازه تغییرات خازن را برای دست یابی به بازه فرکانسی مطلوب پیدا کرده و با توجه به ساختار زیر و با استفاده از یک خازن passive برای دست یابی به مقدار خازن ثابت و خازن متغیر با ولتاژ برای ساخت بازه تغییرات ظرفیت خازن، آن را شبیه سازی کرده و بهترین اندازه عرض ترانزیستور برای دست یابی به این هدف و همچنین بازه تغییرات ولتاژ کنترل برای رسیدن به بازه مطلوب را گزارش کنید.



- بهره VCO را با توجه به مشخصات Varactor را گزارش کنید. مقدار بهره VCO ، نسبت مقدار بازه تغییرات فرکانس خروجی اسیلاتور به بازه تغییرات ولتاژ کنترل می باشد.
- مدار را شبیه سازی کرده و با شبیه سازی DC ، مقدار جریان مصرفی منبع را گزارش کنید. مقدار g_m ترانزیستورهای اسیلاتور را به دست آورده و با حل تئوری مقایسه کنید.
- با شبیه سازی $Transient$ ، شکل موج خروجی را رسم کرده و به ازای ولتاژ کنترلی های متفاوت، فرکانس خروجی را گزارش کنید. (حداقل سه نمودار در فرکانس های ابتدایی، میانه و انتهایی بازه)
- با استفاده از تحلیل $Harmonic Balance$ ، نویز فاز را گزارش کنید.