

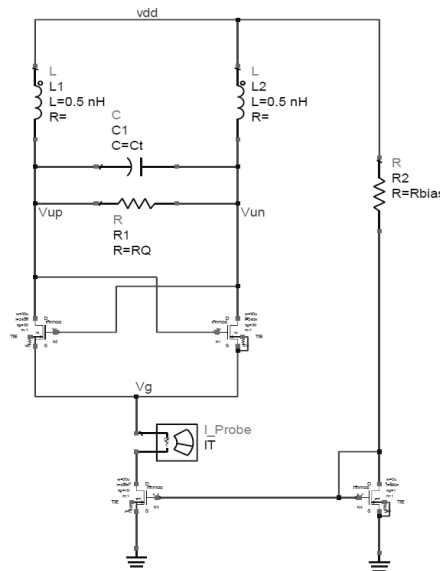
## Lab: VCO CMOS

L'obiettivo di questo laboratorio è progettare con l'ausilio del CAD ADS un Voltage Controlled Oscillator (VCO) CMOS cross-coupled, utilizzando i transistori *rfnmos* disponibili nella tecnologia IHP SG25H4. Il circuito dovrà essere dimensionato per soddisfare le seguenti specifiche di progetto:

- tensione di alimentazione pari a 2.5 V;
- frequenza di oscillazione 5.25 GHz;
- valore induttore nel tank LC pari a 1 nH con resistenza serie pari a 2  $\Omega$ ;
- fattore di qualità del condensatore nel tank LC pari a 40;
- tensione in uscita picco-picco di circa 1.2 V;

### Guida al laboratorio

Per realizzare il VCO cross-coupled, consideriamo la cella riportata nella figura seguente e costituita da un tank LC, una coppia cross-coupled di tipo N ed uno specchio semplice di corrente con rapporto di specchio pari a 10. I parametri dei transistori *rfnmos* ed i parametri circuitali  $C_t$ ,  $R_{bias}$  ed  $R_Q$  devono essere scelti per soddisfare le specifiche date. Procedere nel dimensionamento, seguendo i passi sottoelencati, cercando di soddisfare le specifiche fornite.



#### 1. Dimensionamento tank LC

- Scegliere il valore  $C_t$  opportuno per soddisfare la frequenza di oscillazione di 5.25 GHz.
- Calcolare il valore di  $R_Q$  considerando le specifiche fornite. *Suggerimento:* calcolare il valore del  $Q_{tot}$  del gruppo LC ed estrarre  $R_Q$ .

#### 2. Dimensionamento transistori

- Considerando la specifica relativa alla tensione di uscita picco-picco, scegliere la  $R_{bias}$  e le dimensioni dei transistori dello specchio per ottenere la corrente di tail  $I_T$  desiderata. *Suggerimento:* utilizzare una lunghezza dei transistori doppia rispetto alla minima per diminuire l'errore dello specchio.
- Considerando le condizioni di oscillazione dimensionare i transistor cross-coupled affinché l'oscillazione possa innescarsi ed il circuito oscillare. Verificare tramite simulazione DC che il  $g_m$  dei transistori sia quello desiderato.
- Verificare che l'impedenza vista nei drain della coppia cross-coupled sia a parte reale negativa e

di valore  $R_v = -\frac{2}{gm}$ . *Suggerimento:* Inserire un generatore di corrente con verso opportuno ed eseguire una simulazione AC, andando ad escludere il gruppo LC.

### 3. Simulazione transient

- a. Eseguire una simulazione di tipo *Transient* per osservare l'innesco dell'oscillazione e verificare che la cella progettata sia in grado di sostenerla. Dato che i generatori di rumore non sono stati attivati è necessario innescare l'oscillazione altrimenti il circuito non oscilla. Quindi imporre una condizione iniziale sul condensatore applicando 1 mV. *Suggerimento:* applicare 1 mV nella variabile *Initcond* del condensatore ed abilitare l'opzione "*Use user-specified initial conditions*" nel gestore della simulazione *Transient*.<sup>1</sup>
- b. Verificare che la tensione picco-picco di uscita ottenuta non soddisfa le specifiche. Verificare che la  $I_d$  dei transistor cross-coupled non si annulla e che quindi non siamo nelle condizioni per cui la cella è stata progettata. È necessario intervenire sui parametri circuitali per ottenere una tensione picco-picco di almeno 1 V. *Suggerimento:* agire sulla dimensioni dei transistor cross-coupled per aumentare il gm.
- c. Graficare lo spettro della tensione di uscita utilizzando la funzione *fs()* e verificare la frequenza di oscillazione. Se il requisito della frequenza di oscillazione non è verificato agire su  $C_t$  per riportarlo all'interno delle specifiche. *Suggerimento:* estrarre la  $C_{ds}$  e  $C_{dg}$  dei transistori cross-coupled.

### 4. Simulazione HB e Phase noise

- a. Eseguire una simulazione di tipo *Harmonic Balance* per verificare la frequenza di oscillazione. Verificare che la frequenza e l'ampiezza del segnale di uscita concordano con i valori ottenuti con la simulazione *Transient*. *Suggerimento:* inserire il componente *OscPort* nell'anello di reazione ed abilitare l'analisi *Oscillator* nel controllore di simulazione HB.
- b. Plottare lo spettro del phase noise dell'oscillatore e verificare la presenza delle componenti  $\frac{1}{f^3}$  e  $\frac{1}{f^2}$ . È possibile estrarre il phase noise abilitando il rumore all'interno del controllore di simulazione HB. *Suggerimento:* Inserire il componente *HB Noise Controller (NoiseCons)*, dimensionarlo e collegarlo con il controllore HB. Abilitare il *phase noise spectrum* e plottare la variabile *pnmx*.

---

<sup>1</sup> *Attenzione:* la simulazione transient senza condizioni iniziali potrebbe generare un'oscillazione. Questo è dovuto alla presenza di rumore numerico chiamato anche "trapezoidal noise" dovuto al risolutore "trapezoidal" utilizzato. Cambiando tipo di simulatore l'oscillazione sparisce. *Questo tipo di effetto non è un innesco valido.*