

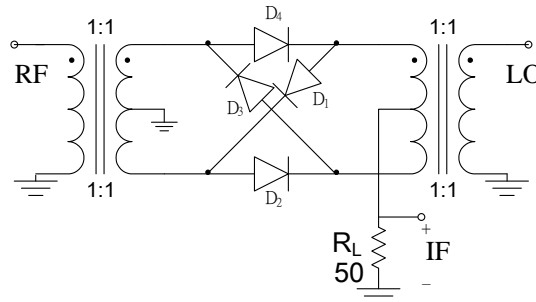
## 2025 RF Design 習題七

一、在雙平衡混波器如下圖中有幾個重要的性能參數，第一是轉換增益或者是轉換損失、第二是隔離度、第三個是非線性 IIP3。轉換增益與下列因素有關

$$\text{Conversion Loss} \cong \frac{1}{2} \times \frac{4}{\pi} \times \frac{50}{R+50} \times \text{coupling coefficient}$$

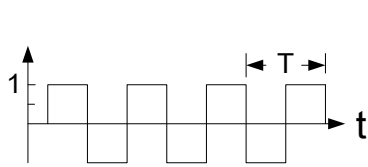
= (乘積化和差) × (開關波形) × (二極體電阻分壓) × (變壓器耦合因素)

今本習題利用 ADS(或其他)軟體一步一步來了解各個組成元件對上述性能的影響。

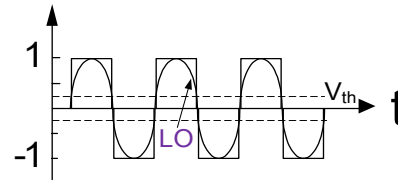


1. 觀察二極體開關相關的影響(先假設理想變壓器(Balun))

已知本地振盪信號 LO 是用來控制二極體開關，理想上只要 LO 為正，二極體  $D_1$  與  $D_2$  就導通，波形如下理想開關波形圖(a)所示，交換波形增益  $\pi/4$ ，今考慮實際正弦波圖(b)的運作情形，(i)若考慮 Schottky 二極體的臨界導通電壓  $V_{th}=0.2V$ ，導通電阻  $=0\Omega$ ，LO 為正弦波峰值  $\pm 1V$ ，求開關波形波形，註明導通時間，(ii)並請利用 Fourier Series 分析開關波形的交換波形增益，比理想條件下差多少 dB? (iii) 若用普通 P/N 二極體  $V_{th}=0.6V$  且導通電阻  $=0\Omega$ ，求開關波形交換增益=? (iv)若考慮理想 Schottky 二極體但導通電阻增為  $5\Omega$ ，負載電阻  $=50\Omega$ ，則轉換損失又會增加多少 dB? (v)Balun 的作用是功率的分配及功率的合成，理想的變壓器圈數比 1:1 及 1:1，而且上下耦合係數 K 均等於 1，今若 K 降為 0.9，對轉換損失有何影響？



(a)理想開關波形

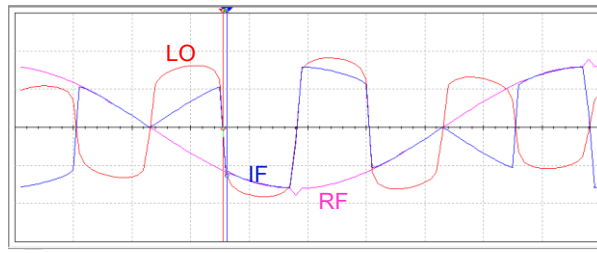


(b)受臨界導通電壓限制的開關波形

Fourier Series 參考公式

$$f(t) \approx \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos \frac{n\pi t}{L} + b_n \sin \frac{n\pi t}{L} \right) \quad \text{Period} = 2L$$

$$a_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(t) \cos \frac{n\pi t}{L} dt \quad \text{and} \quad b_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(t) \sin \frac{n\pi t}{L} dt$$



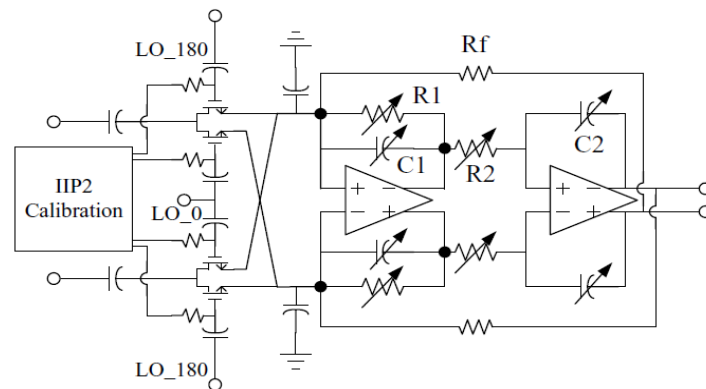
(參考: 時域波形)

2. 在理想 Balun 下帶入真實的 Schottky 二極體模型(由軟體 ADS 中尋找) (i)繪出 Schottky 二極體的 I-V 曲線，並註明臨界電壓，(ii)求轉換損失達到飽和所須的 LO 功率?
3. IIP3
  - (i)在(2) LO 到達飽和功率時改變 RF 功率利用外插法求 IIP3，(ii) 又 diode 串接兩個對 IIP3 有何影響?

參考:

Arvin R. Shahani, Derek K. Shaeffer, Student Member, IEEE, and Thomas H. Lee, Member, IEEE, A 12-mW Wide Dynamic Range CMOS Front-End for a Portable GPS Receiver, IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 32, NO. 12, p. 2061 DECEMBER 1997.

二、請推導下圖中頻濾波器的轉移函數



參考:

Wang, etc., A 1.2-V CMOS Front-End for LTE Direct Conversion SAW-less Receiver, IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology, Nov. 30 - Dec. 2, 2011, Beijing, China.