



# 交換式電源供應器的穩定性

August.2019.Romeo

2019/08/18 Romeo Fan

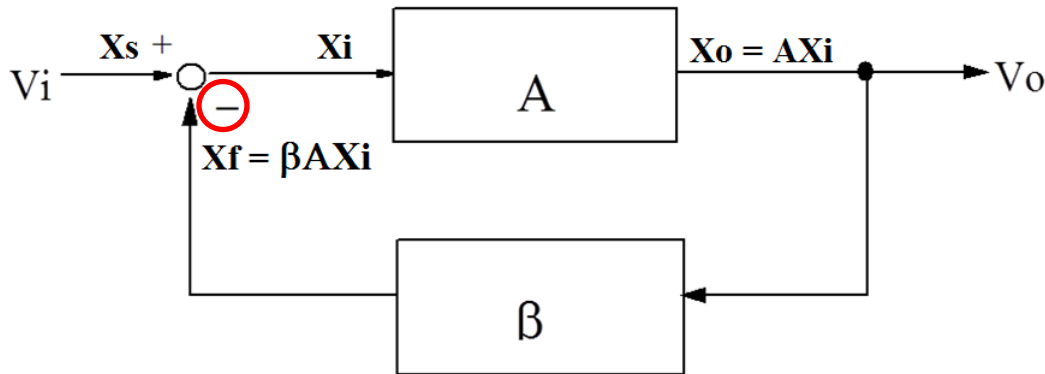
# 回授增益

- 回授就是從輸出端取一部份的信號送回輸入端，又稱反饋

- ▶ 輸出信號 $V_o$ 與輸入信號 $V_i$ 之比值 $A_f$ 稱為閉迴路增益
- ▶ 未加回授迴路前之增益 $A$ 稱為開迴路增益。

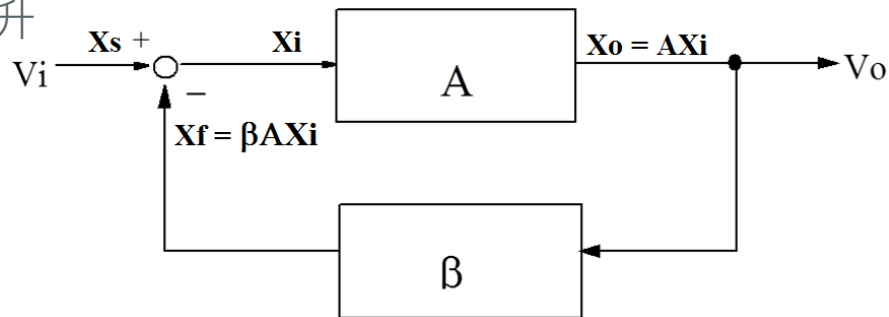
- $X_o = A X_i = A (X_s - X_f) = A (X_s - \beta X_o)$

- $A_f = X_o / X_s = A / (1 + \beta A)$



# 回授種類

- ▶ 回授訊號 $x_f$
- ▶  $A_f = \frac{A}{1 + \beta A}$  為負回授，使閉迴路增益 $A_f$ 下降;
- ▶ 有回授的放大器，回授網路從輸出 $v_o$ 取 $\beta$ 的比例送回輸入端，和輸入信號相減後才輸入放大器
- ▶  $A_f = \frac{A}{1 - \beta A}$  為正回授，使閉迴路增益 $A_f$ 上升



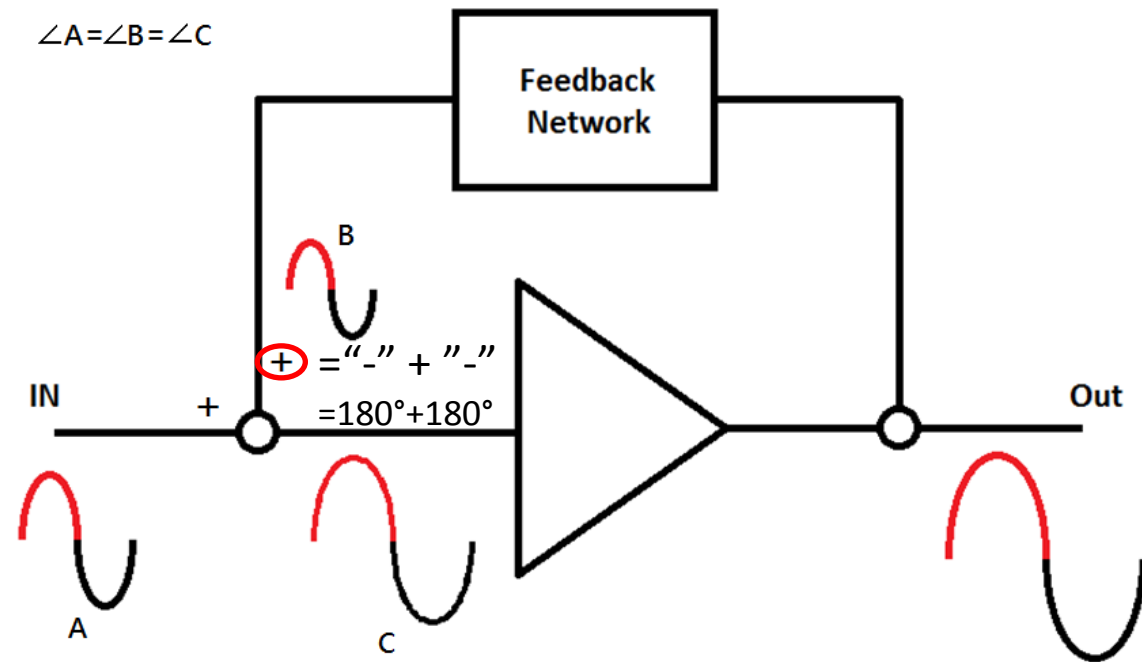
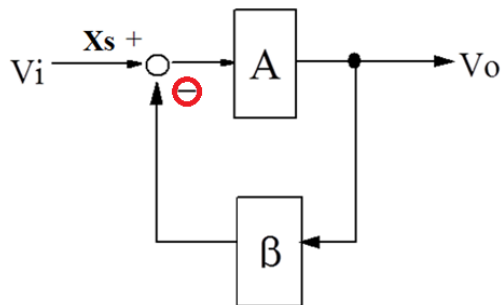
$$A_f = \frac{V_o}{V_i} = \frac{AX_i}{X_i \pm X_f} = \frac{AX_i}{X_i \pm \beta AX_i} = \frac{A}{1 \pm \beta A}$$

# 正回授振盪條件

$$A_f = \frac{A}{1 - \beta A}, \quad 1 - \beta A < 1$$

- $\beta A = 1$ ，此時振盪稱為臨界振盪，會有振盪產生，但如沒有接著加入激勵信號或提高增益，將無法持續振盪。
- $1 > \beta A > 0$ 時，會產生振盪，但其振幅會逐漸下降，最後停止振盪。
- $1 < \beta A$ 時，此時閉迴路增益( $A_f$ )增加，會使得振幅愈來愈大，此時須控制回授因數 $\beta$ ，使 $\beta A$ 趨近於1，產生穩定振盪。
  
- 開回路增益 $A$ 必須大於0dB；閉迴路增益( $A_f$ )增加

# 正回授振盪



- **回授信號與輸入信號同相(in phase;  $0^\circ$  or  $360^\circ$ )**
  - ▶ 回授系統的“-”號，產生信號 $180^\circ$ 反相，第二個“-”表示回授信號產生了 $180^\circ$ 相位落後
- **因為同相，回授信號加到輸入信號上，產生比沒回授時更大的輸出**
  - ▶ 使閉迴路增益 $A_f$ 上升

# 振盪條件 – 相位

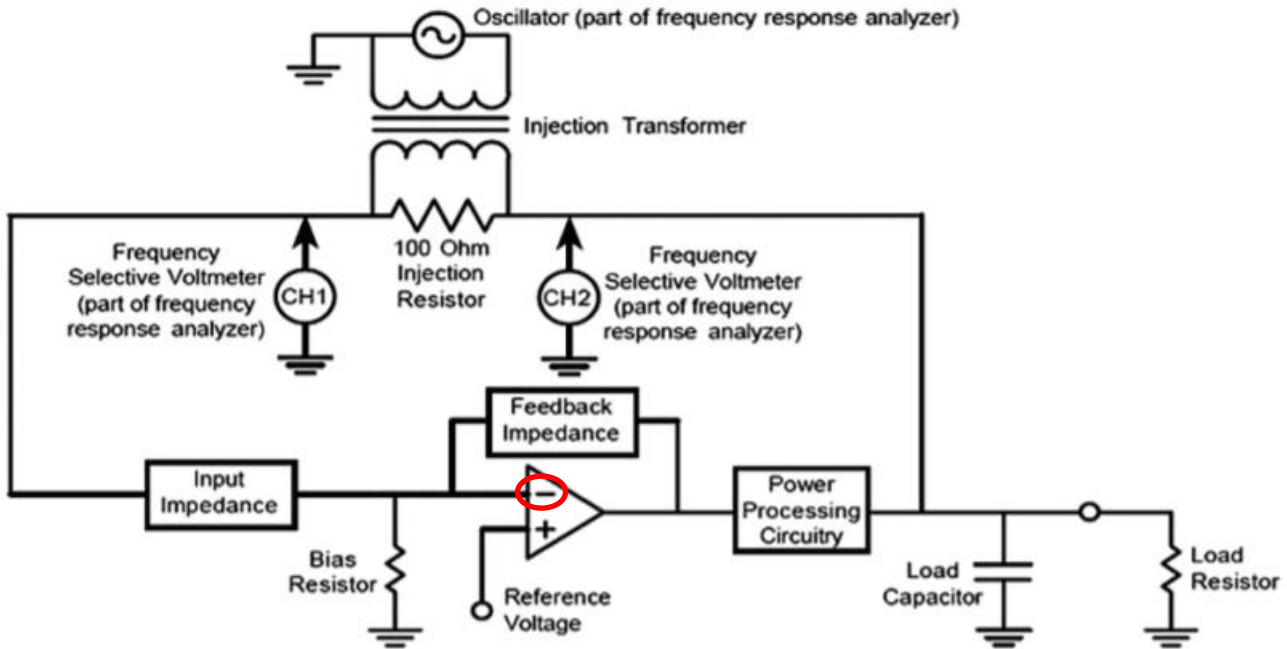
## ■ 回授，網路持續振盪的條件為

- ▶ 負回授振盪判斷
  - 以負回授來看，輸入信號與回授信號，兩者相位差為 $180^\circ$
  - 以這前述回授信號的相位差 $180^\circ$ 加上誤差放大器反相輸入端造成的 $180^\circ$ 反向 =  $360^\circ$ ，表示當回授信號相位落後 $180^\circ$ 時，會讓輸入端看到 $360^\circ$ 的正回授相位信號
    - 一般在誤差放大器回授端注入擾動信號做測試時，表示實際回授取樣信號會被反相一次，因此相位波德圖低頻起始點會從落後 $180^\circ$ 開始，落在 $180^\circ \sim 360^\circ$ 間。
  - 這加總後的 $360^\circ$ 如同一正回授，符合震盪條件
- ▶ 系統的開回路增益A必須大於0dB

# Measurement 1

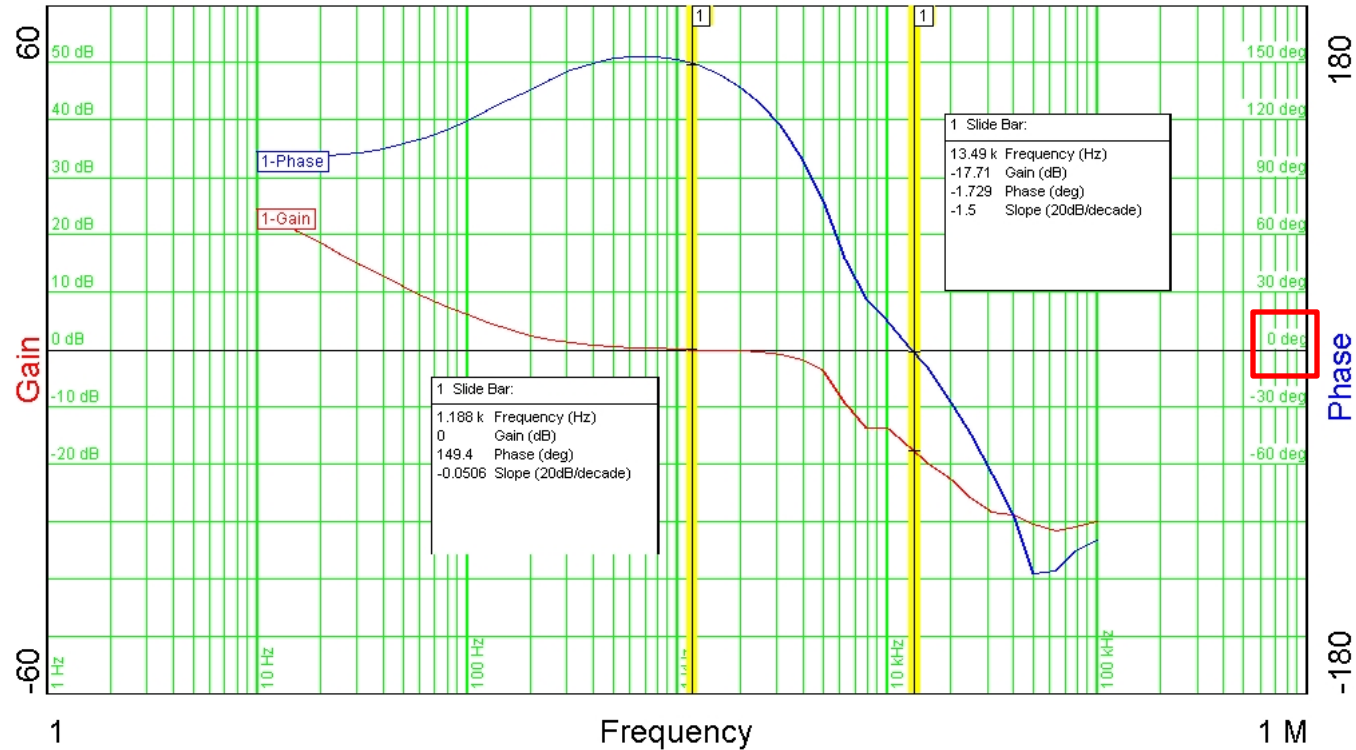
- 在傳統的電壓控制模式與電流控制模式量測迴路增益 (loop gain) 時，會將擾動信號注入在輸出電壓回授路徑上。量測控制系統開迴路增益/相位。
  - ▶ 由於多出了誤差放大器反相輸入端反向時所產生的的 $180^\circ$
  - ▶ 頻率響應波德圖則會看到系統穩定的條件判斷為當相位等於 $0^\circ$ 、 $360^\circ$ (回授信號的 $180^\circ$ 加上誤差放大器反相輸入端的 $180^\circ$ )，對應頻率的振幅
  - ▶ 扣除誤差放大器反相輸入端的 $180^\circ$ ，我們其實還是在做迴授信號相位角  $-180^\circ$  系統不穩定的臨界值的Gain margin判斷，算是開迴路的量測方式

# Schematic 1





# Bode Plot 1



# Measurement 2

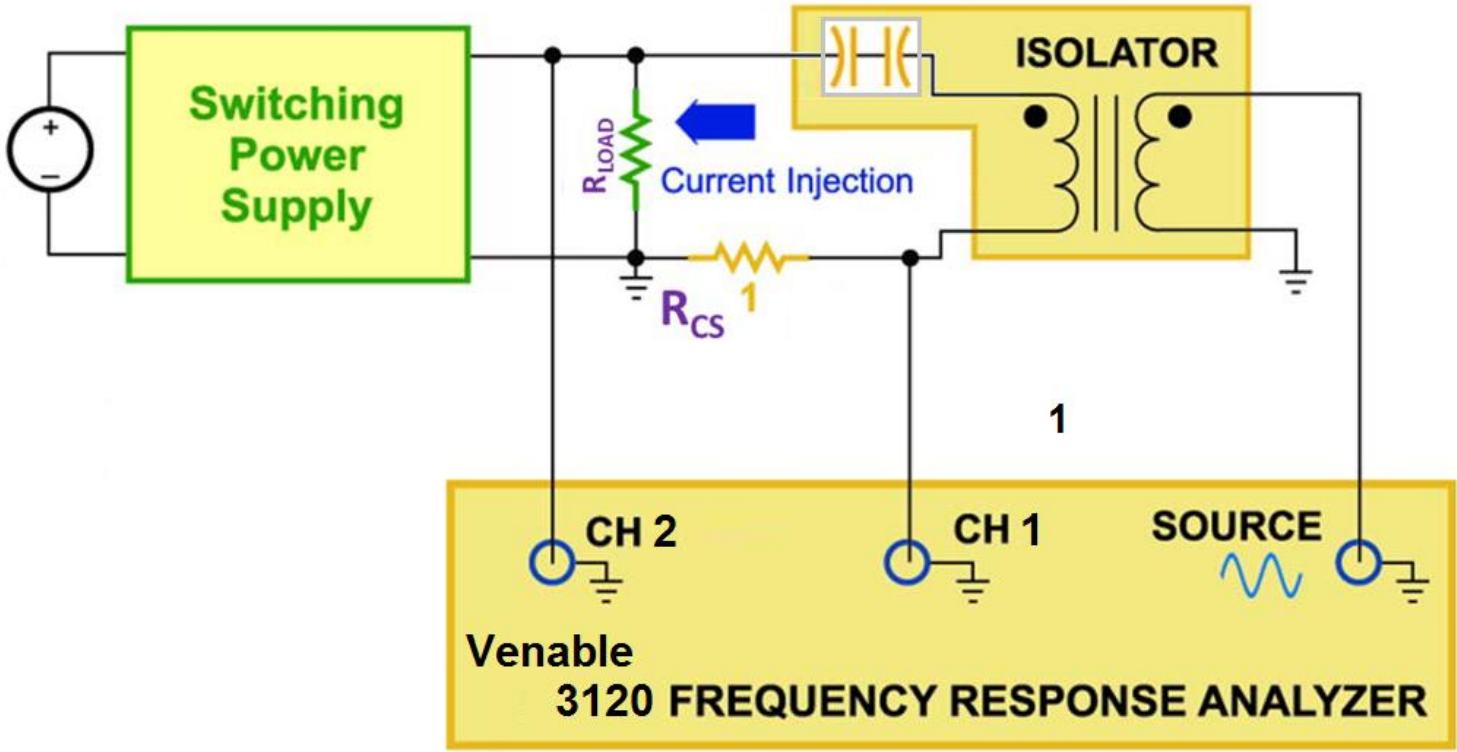
- 也可透過對輸出端量測整個輸出迴路Impedance，以獲得閉迴路的波德圖
- The open-loop and closed-loop output impedances are related by the following equation:

$$Z_o^{cl}(s) = \frac{Z_o^{ol}(s)}{1 + T(s)}$$

- Therefore Loop gain is

$$T(s) = \frac{Z_o^{ol}(s)}{Z_o^{cl}(s)} - 1$$

# Schematic 2



# Bode Plot 2

