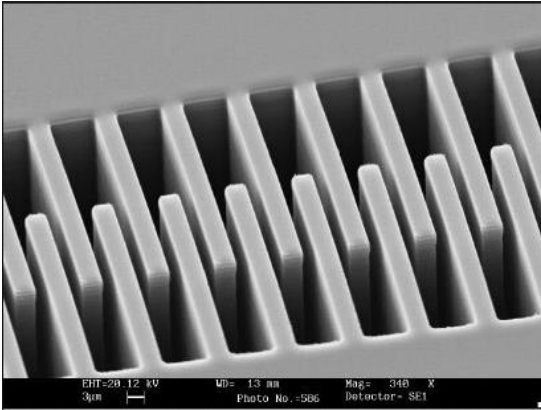
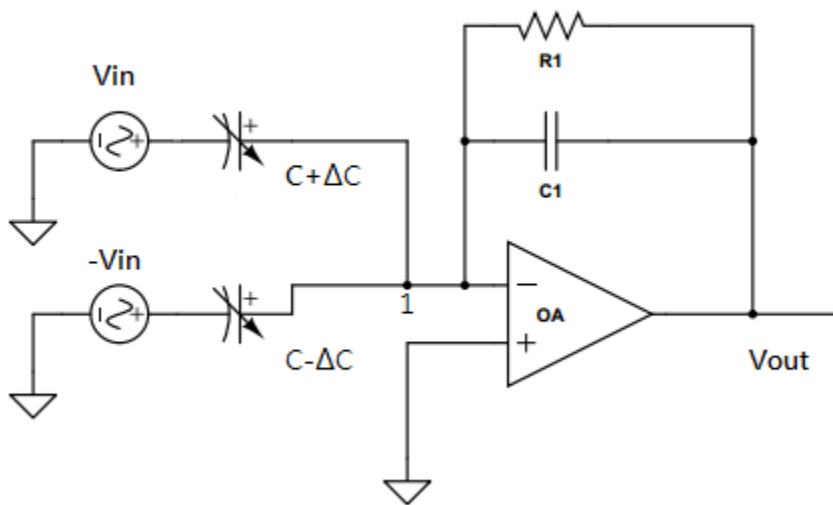


Charge Pump Simulations

1. Simulink 電路模擬環境設定：請參考先前文件。
2. 電容式位移感測



一個電容式位移感測器機構如上圖，改變梳狀結構的間距會改變其電容值，一邊增加一邊減少，藉由量取電容的改變量來反推其改變的距離。下圖為量測電容改變量的電路示意圖：



電路分析：利用節點電壓法，由 V_{in} 到 V_1 和 V_1 到 V_{out} 的電流相等，又 $V_1=0$ 可得：

$$\frac{V_{in} - V_1}{\frac{1}{s(C + \Delta C)}} + \frac{-V_{in} - V_1}{\frac{1}{s(C - \Delta C)}} = \frac{0 - V_{out}}{\frac{R_1}{1 + sR_1C_1}}$$

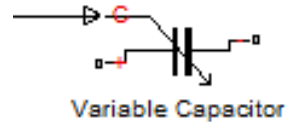
$$\Rightarrow V_{out} = \frac{-2R_1s}{1+sR_1C_1} V_{in} \cdot \Delta C$$

$$\text{轉角頻率} \Rightarrow \omega = \frac{1}{R_1C_1}, \text{ 當 } R_1 \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{2\Delta C}{C_1}$$

如果沒有電容改變量 ΔC ，我們從公式可以看到應該不會有輸出訊號（ $V_{out} = 0$ ）
從轉移函數 $V_{out}/\Delta C$ ，我們也可以知道，此電路有高通濾波器的效果，故轉角頻率也需要考慮進去。而當 $R1$ 很大時，放大倍率大約是 $\frac{2\Delta C}{C1}$ 。

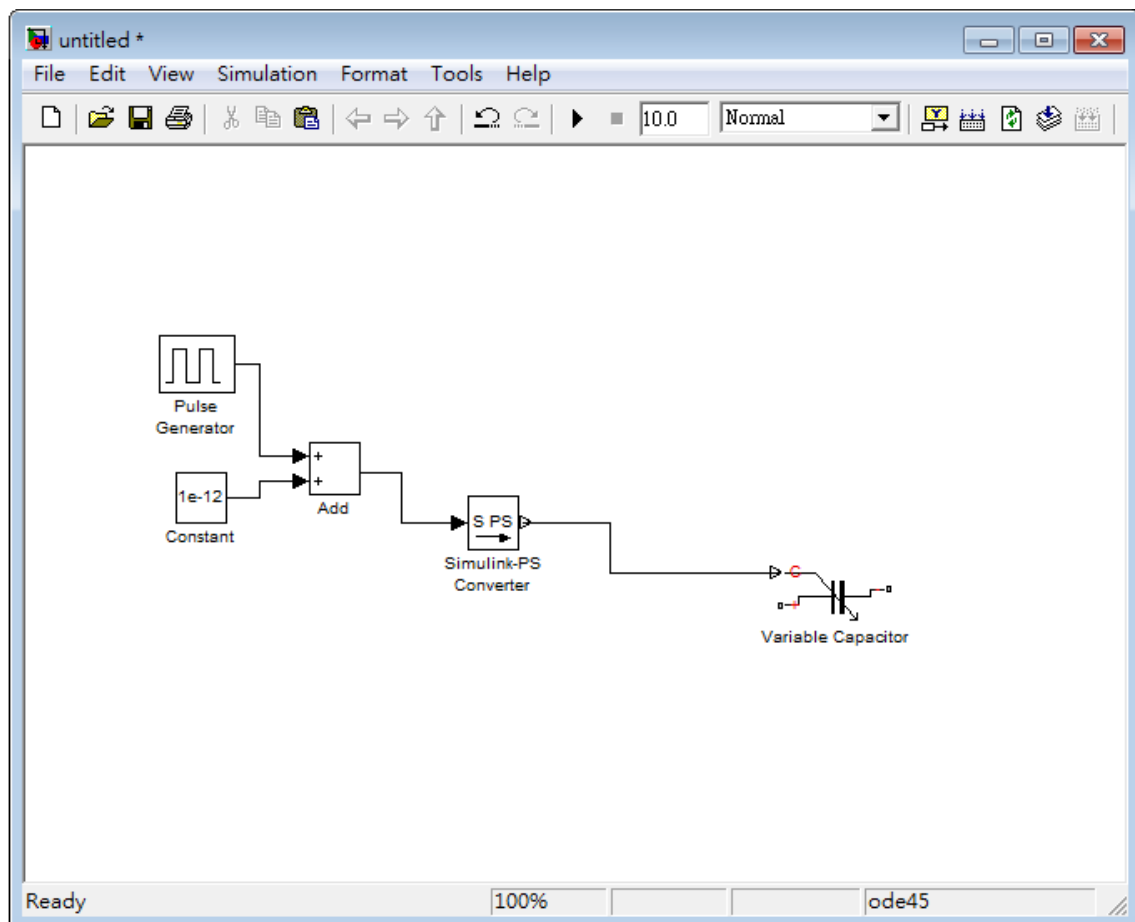
2.1 可變電容模擬方式

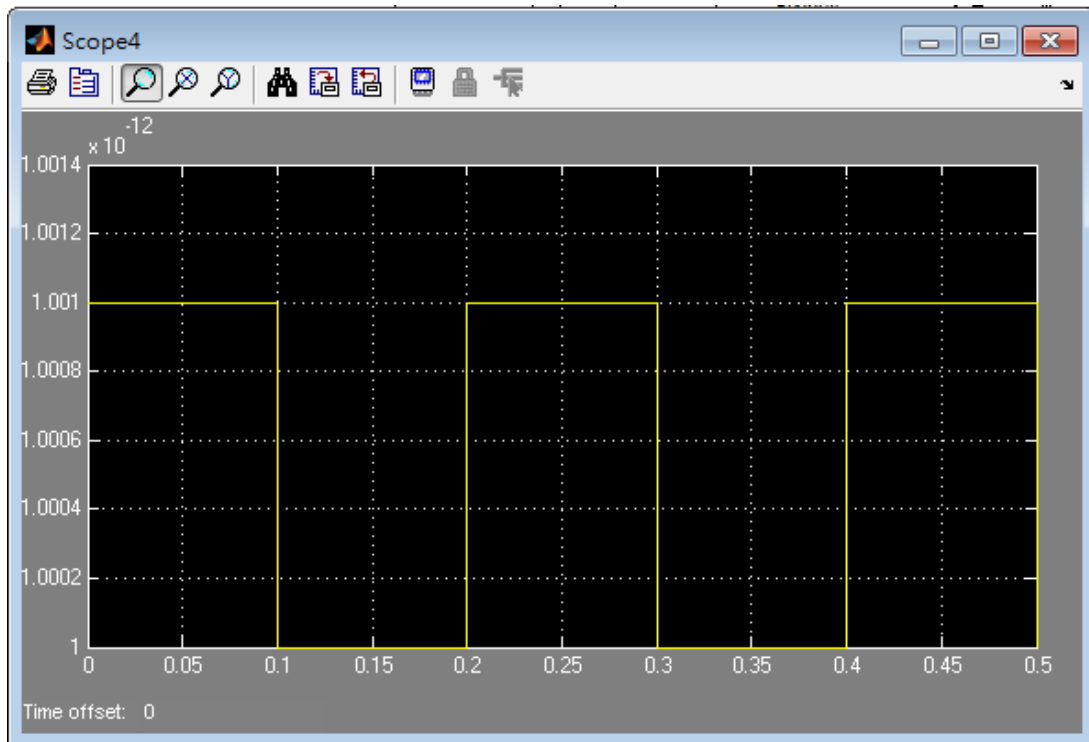
以下示範在 **simulink** 模擬環境下，如何模擬一可變電容。假設可變電容的電容值 C 為 1pF ，改變量 ΔC 為 1fF 。可變電容方塊如右圖：



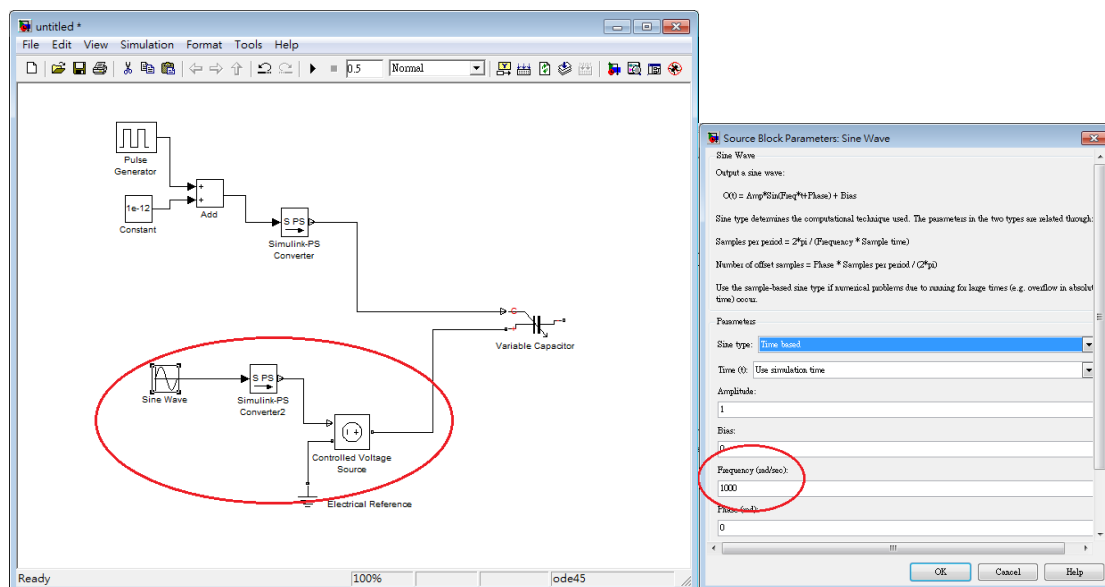
用法如下圖

設定方波的週期 0.2 sec ，使用 **add** 方塊將兩訊號加在一起。再經過轉換類比訊號來控制可變電容





此圖為可變電容的電容值 vs. 時間變化。



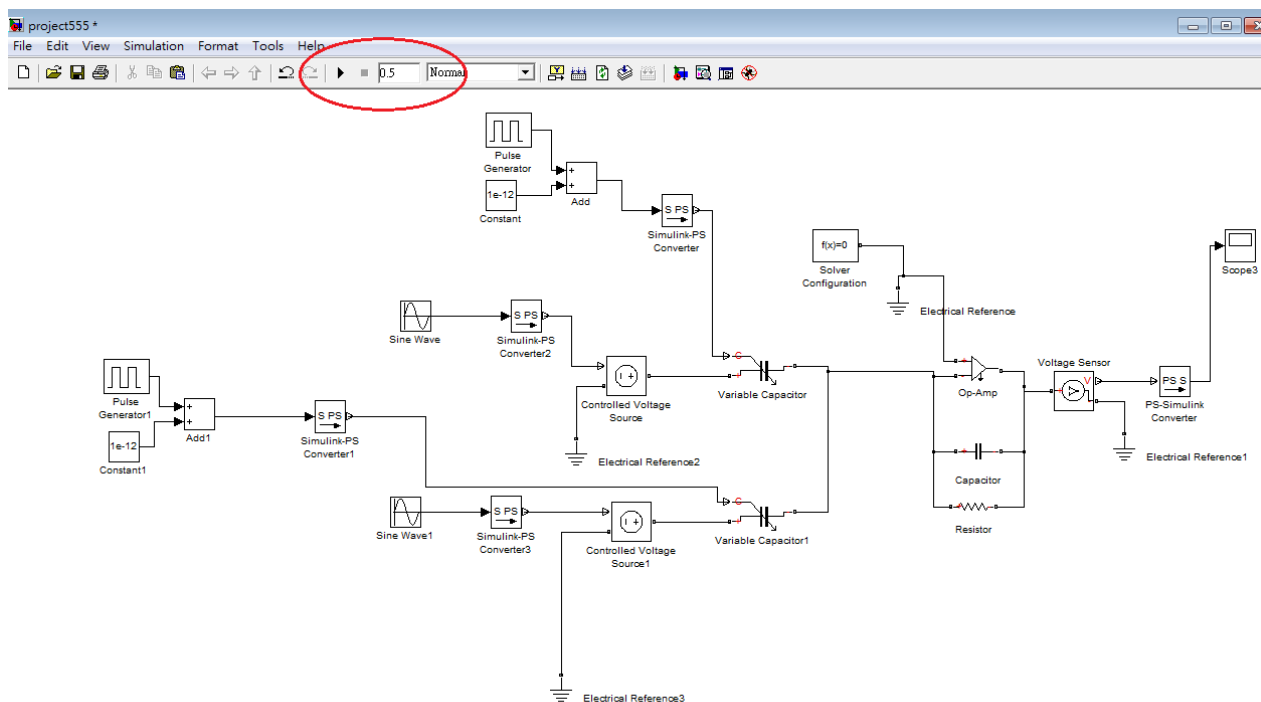
2.2 輸入電源 (V_{in}) 設定

輸入兩個電源，其頻率為 1000 rad/sec、振幅為 1 的 sinusoidal 訊號，兩個電源訊號相位相差 180 度。

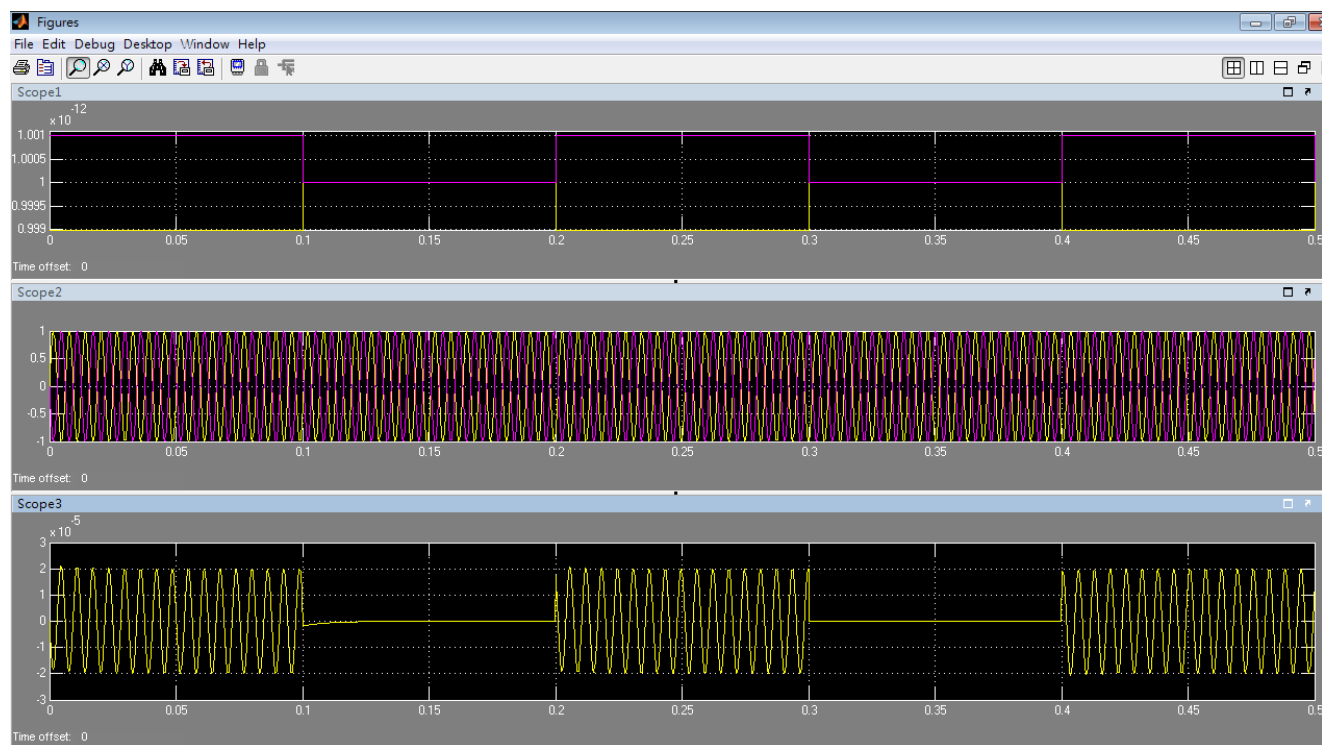
2.3 設定回授電容與電阻

在此選擇 $R1 = 100\text{ M}\Omega$ ， $C1 = 100\text{ pF}$

完整電路圖如下



將模擬時間改成 0.5，即可開始模擬。下圖由上而下依序是：兩個可變電容值、兩個輸入訊號、輸出訊號。由模擬結果可看出輸出訊號在可變電容有 ΔC 的時候才出訊號出現。



3. 作業

模擬上述電路，並完成下列工作：

1. 請說明模擬結果的數值與分析過程是否一致。
2. 將 V_{in} 設計為直流電壓源，或是頻率低於 $1/R_1C_1$ ，重新模擬其輸出訊號，並說明／分析其結果與分析過程是否一致。
3. 於上述電路中增加解調（**demodulation**）、濾波技術來獲得電容變化值。利用公式說明濾波器設計考量、預期結果，並分析結果與分析過程是否一致。
4. 其他討論