

## 通訊系統實習(三)

主題：PSpice 電子電路模擬軟體

目的：學習 PSpice 軟體之操作並應用於通訊電路之分析與模擬

說明：

通訊科技日益發達，所發展出的相關應用電路也變得更複雜。在學學生想要在短時間內做出複雜的通訊產品，如無線電對講機等，會面臨兩個問題：(1)不會做。因為通訊電路是由許多單元組成的，包括振盪電路、濾波器等等，如果沒有紮實的電子電路觀念，即使最簡單的發射機或接收機電路都無法自行設計或製作出來；(2)買套件或按照書上的電路圖做成功了，但不知道原理。基本上這種結果能讓您得到一些自信心也是值得肯定的。不過即使不是學電機的人，只要多點細心及耐心也可以把套件做成功。如此一來，在您辛苦完成一件完美作品的同時，卻沒有在專業知識的增長上得到應有的回報，實在可惜。

本單元所介紹的是一個目前在業界極富盛名的電子電路模擬軟體 PSpice。除了應用於電路的分析，也可以用於電路的設計。對學生而言更是學習電子學、電路學的最佳工具。

準備器材：

1. 個人電腦
2. 軟體：PSpice Student

操作進度：

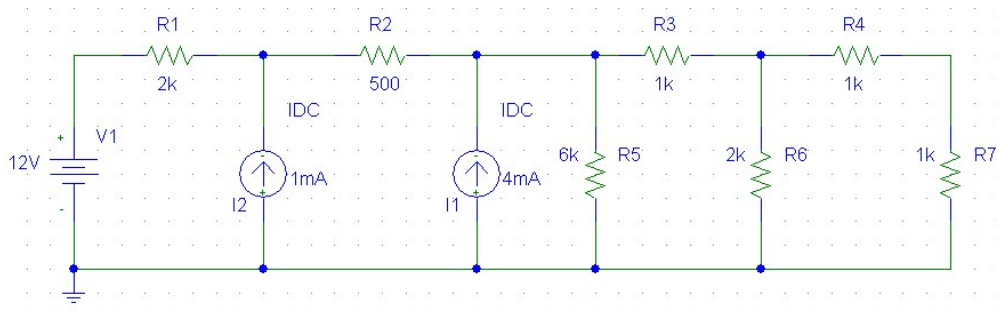
1. 直流分析：
2. 暫態分析：(分析電路的時域波形)
3. 交流分析：(分析電路的頻率響應)

## Part I. 直流分析

### 一、前言：

如果一個電路中的所有電源都是直流電(電壓或電流)，而且我們想知道當電路**達到穩態**時，電路中某個節點的電壓，或某個分支的電流，我們稱這樣的分析過程叫做直流分析。

### 二、範例：如圖(1)所示電路，求各節點電壓及分支電流。



Step 1: 首先根據所示，將所需要的元件排列至正確位置，並設定正確的值，請參考下表。

類別	PSpice 元件名稱	標籤	參數設定
直流電壓源	VDC	V1	VALUE=12V
直流電流源	IDC	I1	VALUE=4mA
		I2	VALUE=1mA
電阻	r	R1	VALUE=2k
		R2	VALUE=500
		R3	VALUE=1k
		R4	VALUE=1k
		R5	VALUE=6k
		R6	VALUE=2k
		R7	VALUE=1k
接地	GND_EARTH		

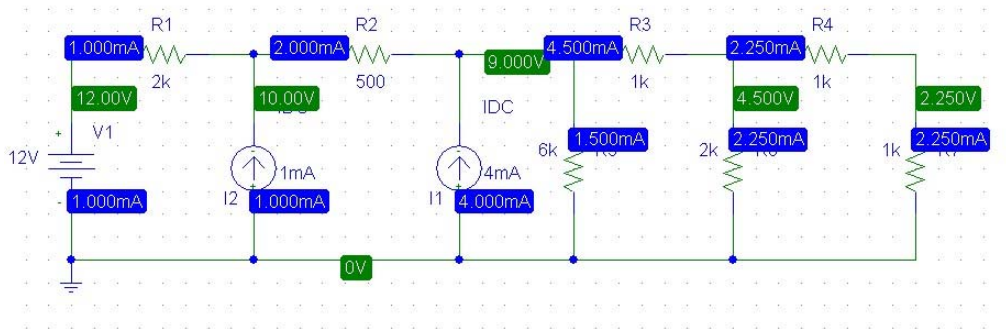
Step 2: 存檔。請注意檔案命名原則最好依據以下的建議，以避免發生錯誤：

- (1) 開一個新的檔案儲存這個電路圖檔，例如這個檔案名稱為 **Test\_01.sch**，可以將他存在 **C:\Pspice\Test\_01** 的資料夾內，這時資料夾內會有兩個檔案，除了 **Test\_01.sch** 之外還有 **Test\_01.xrf**，不過你不用理它；而在完成整個電路模擬之後，會產生總共有 8 個檔左右，為了避免這些新增的檔案蓋掉其他檔案，導致舊有電路檔損壞，也為了管理的方便，因此將一個電路單獨存在一個新目錄之內會比較適當。
- (2) 存檔位置避免有中文名稱，以免發生錯誤。例如放在“**桌面**”或“**我的文件夾**”等等，都容易發生錯誤。這是因為軟體相容性的問題。

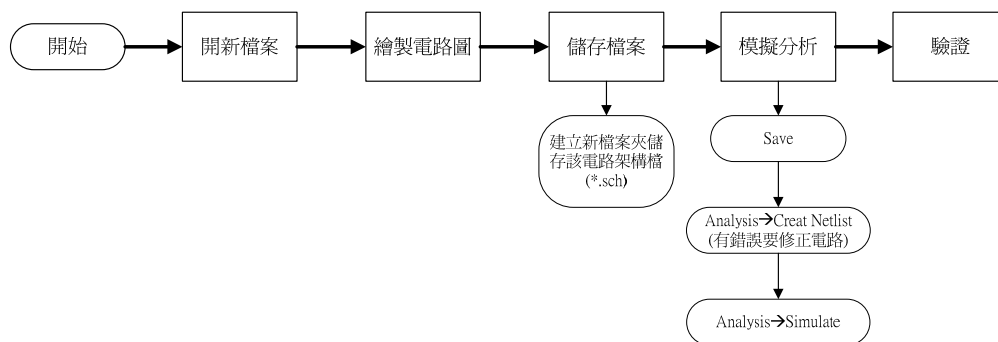
Step 3: 由工具列中依序選取 Analysis→Creat Netlist。這個步驟是建立電路連結檔，主要是以文字的方式描述每個元件的類別以及設定值，包括節點之間的接線關係等。完成後資料夾內會新產生其他新的檔案(\*.als, \*.cir, \*.net)，除非出現錯誤(表示你電路接錯或設定錯誤)，否則不用理會。

Step 4: 由工具列中依序選取 Analysis→Simulate。這個步驟是模擬電路的行為，也就是電腦會計算所有節點電壓及分支電流。同樣的，完成後資料夾內會也新增其他新的檔案，不過不用理會它。計算完畢後會顯示輸出波形的視窗，由於們沒有要求畫出波形，所以這個視窗可以關閉。

Step 5: 在工具列中找到 V 以及 I 的圖示，點選 V 及 I 則會在電路圖中分別顯示節點電壓及分支電流，如此一來，整個直流分析的模擬過程就大功告成了。

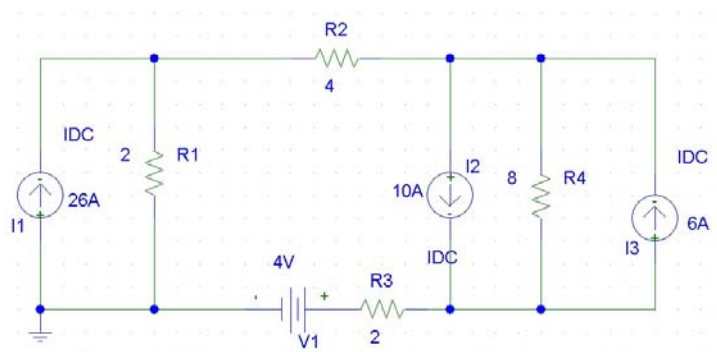


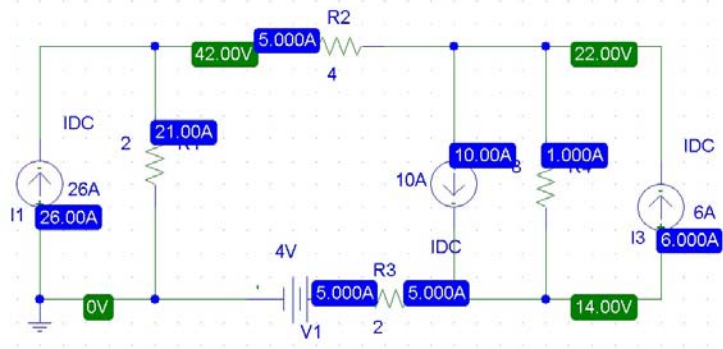
下圖為操作流程圖：



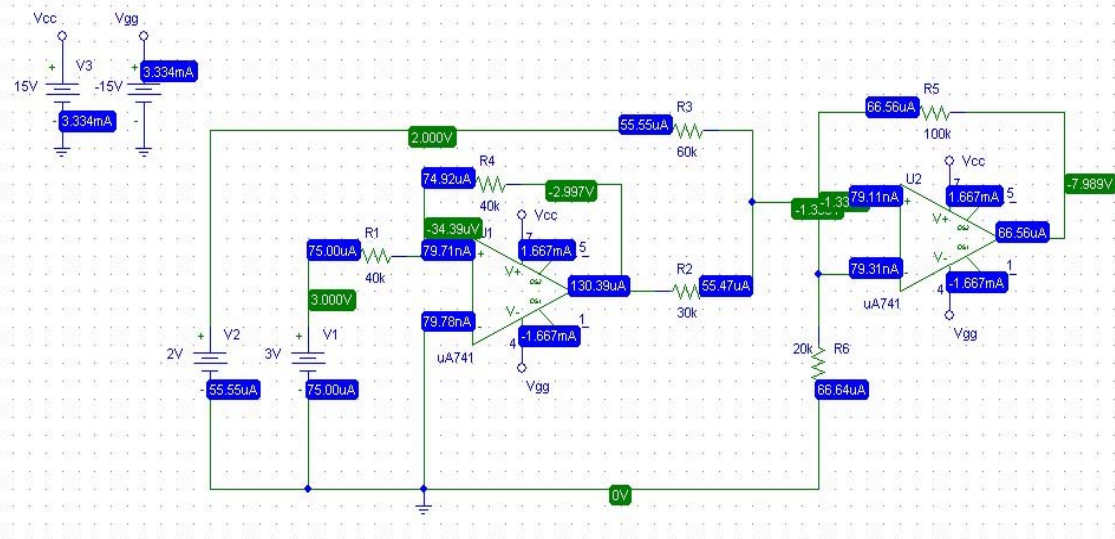
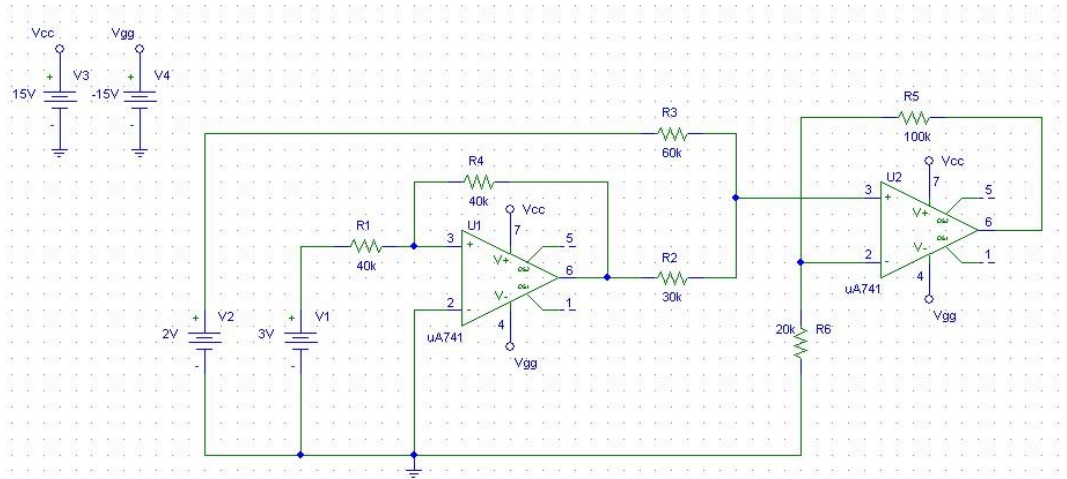
### 三、練習：

(1)





(2)

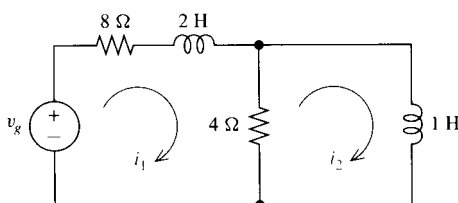


## Part II. 暫態分析

### 一、前言：

如果我們想知道在**電路尚未達到穩態期間**，電路中某個節點電壓或分支電流的變化情形，並畫出時域波形來表示之，我們稱這樣的分析過程叫做暫態分析。本單元除了利用 PSpice 模擬電路的輸出波形之外，也利用 Maple 作為輔助來驗證模擬的正確性，順便再一次複習 Maple 的用法。

二、範例(一)：如圖所示，假設  $v_g = 8V$ ，求  $i_1$  及  $i_2$  並畫出其波形。



Part I: 以 Maple 求解  $i_1(t)$  及  $i_2(t)$

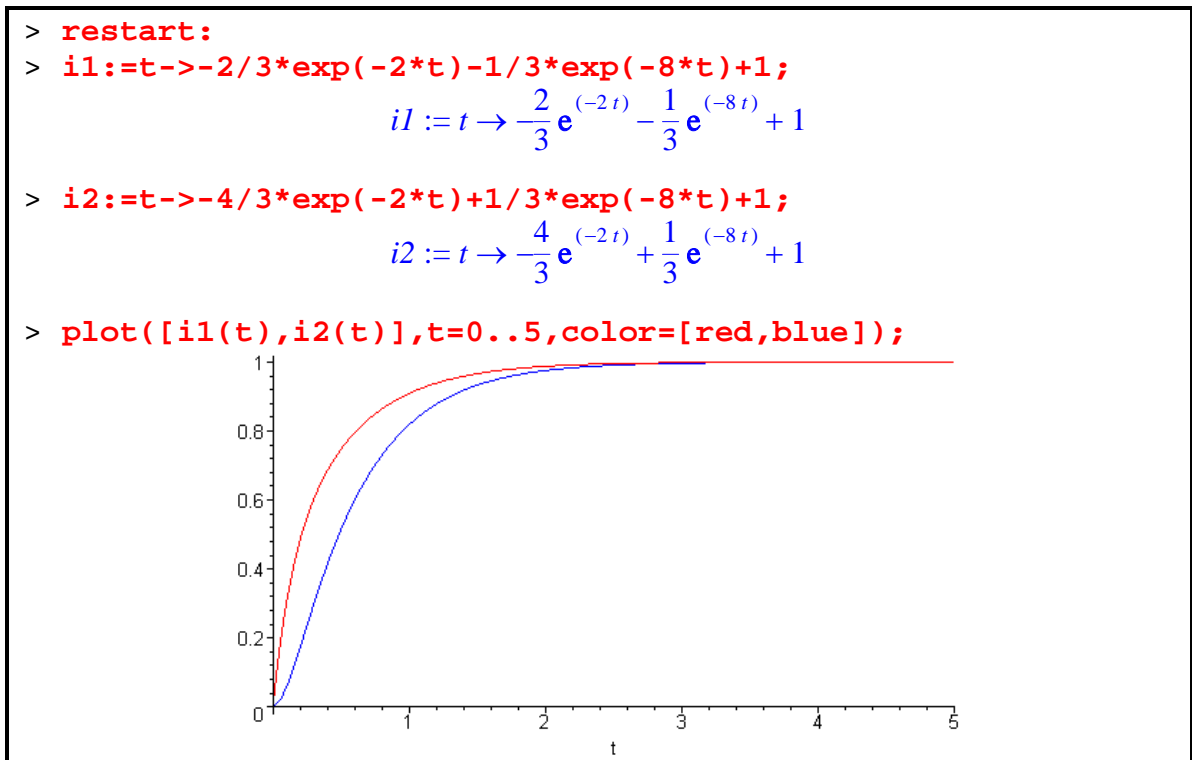
根據 KVL：

$$\begin{cases} 2 \frac{di_1(t)}{dt} + 12i_1(t) - 4i_2(t) = v_g & \text{---(1)} \\ -4i_1(t) + \frac{di_2(t)}{dt} + 4i_2(t) = 0 & \text{---(2)} \end{cases}$$

且依題意， $i_1(0) = 0, i_2(0) = 0$ ，則由(1)式得  $\left. \frac{di_1(t)}{dt} \right|_{t=0} = \frac{v_g}{2} = 4$  ---(3)

以 Maple 求解(1)(2)(3)得  $i_1(t) = -\frac{2}{3}e^{-2t} - \frac{1}{3}e^{-8t} + 1$ ， $i_2(t) = -\frac{4}{3}e^{-2t} + \frac{1}{3}e^{-8t} + 1$

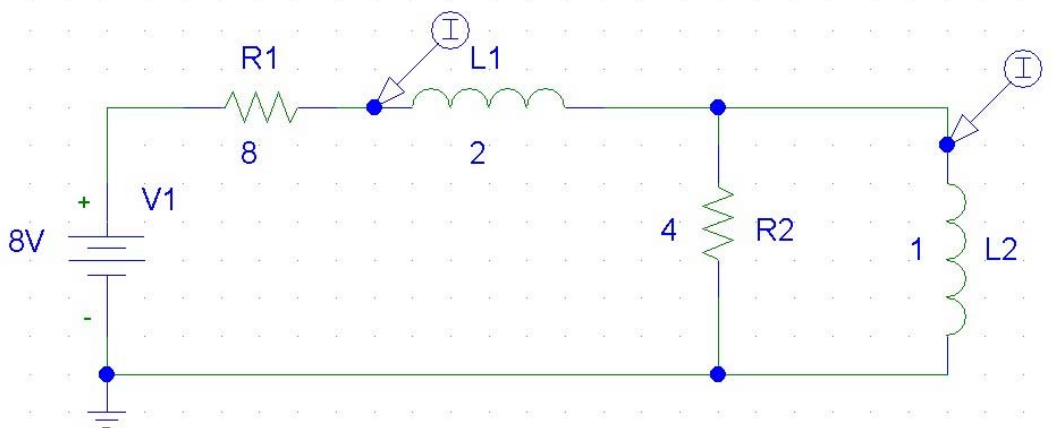
```
> restart;
> eq1:=2*diff(i1(t),t)+12*i1(t)-4*i2(t)=vg;
      eq1 := 2  $\left(\frac{d}{dt} i1(t)\right) + 12 i1(t) - 4 i2(t) = vg$ 
> eq2:=-4*i1(t)+diff(i2(t),t)+4*i2(t)=0;
      eq2 := -4 i1(t) +  $\left(\frac{d}{dt} i2(t)\right) + 4 i2(t) = 0$ 
> ini:=i1(0)=0,D(i1)(0)=4;
      ini := i1(0) = 0, D(i1)(0) = 4
> vg:=8;
      vg := 8
> dsolve({eq1,eq2,ini},{i1(t),i2(t)});
      {i1(t) =  $\frac{2}{3} e^{(-2t)} - \frac{1}{3} e^{(-8t)} + 1, i2(t) = -\frac{4}{3} e^{(-2t)} + \frac{1}{3} e^{(-8t)} + 1$ }
```



Part II: 以 PSpice 求解  $i_1(t)$  及  $i_2(t)$

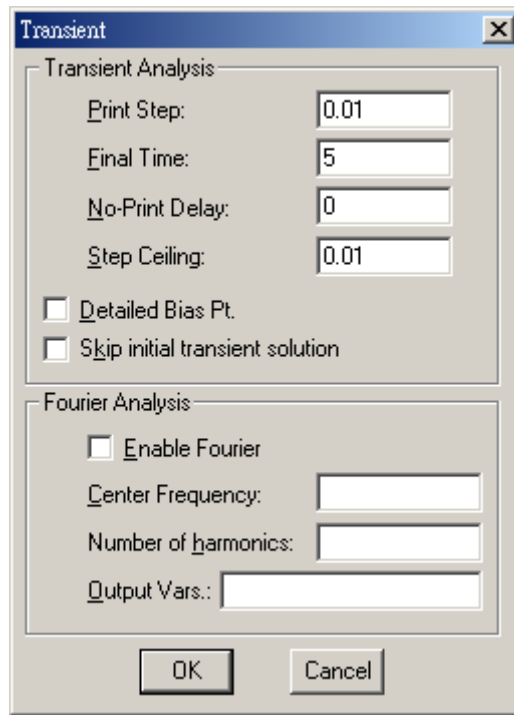
Step 1: 首先根據所示，將所需要的元件排列至正確位置，並設定正確的值，請參考下表。

類別	PSpice 元件名稱	標籤	參數設定
直流電壓源	VDC	V1	VALUE=8V
電阻	r	R1	VALUE=8
		R2	VALUE=4
電感	L	L1	VALUE=2, IC=0
		L2	VALUE=1, IC=0
接地	GND_EARTH		



Step 2: 由 Analysis→Setup 勾選 Transient(暫態)，出現 Transient 視窗後設定如下：

Print Step=0.01    Final Time=5    No-print Delay=0    Step Ceiling=0.01

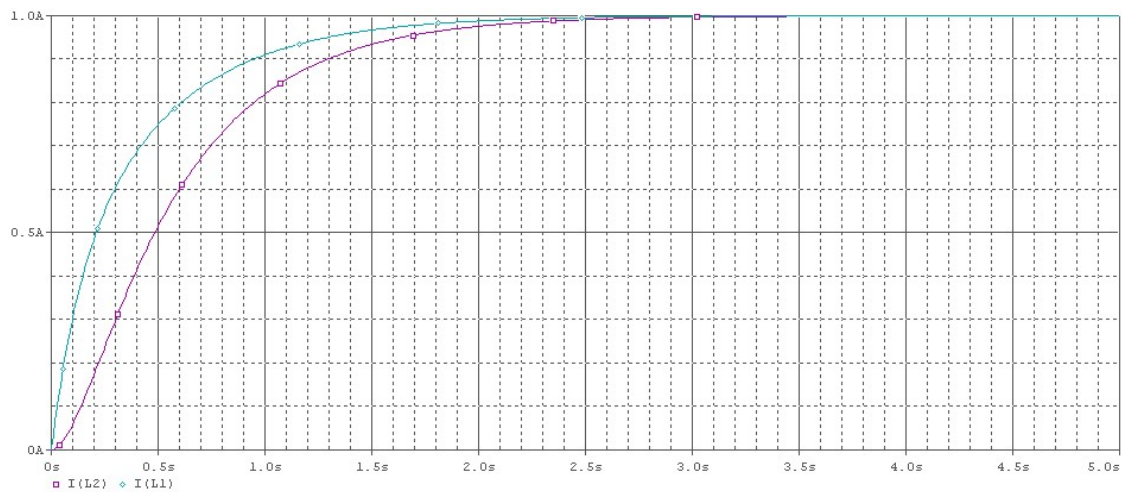


Step 3: 建立電路連結檔：由工具列中依序選取 Analysis→Creat Netlist。

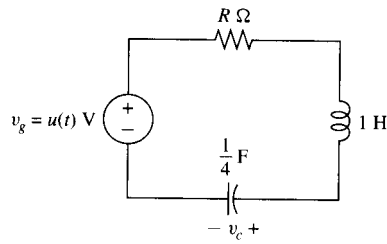
Step 4: 存檔

Step 5: 電路模擬：由工具列中依序選取 Analysis→Simulate。

Step 6: 驗證：首先得到模擬視窗結果如下，進一步利用游標得知任何時間的  $i_1(t)$  及  $i_2(t)$  的值，再與 Maple 所求結果印證是否符合。



三、範例：如圖所示，假設  $R = \frac{1}{4} \Omega$ ，求電流  $i$  並畫出其波形。



Part I: 以 Maple 求解  $i(t)$

根據 KVL :

$$\frac{di}{dt} + \frac{1}{4}i + 4 \int_{0^+}^t i(\tau) d\tau + v_c(0^+) = 1 \text{-----(1)}$$

$$\xrightarrow{\text{微分}} \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{4} \frac{di}{dt} + 4i = 0 \text{-----(2)}$$

且依題意， $i(0^-) = v_c(0^-) = 0$ ，則由(1)式得  $\left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{t=0^+} = 1 \text{-----(3)}$

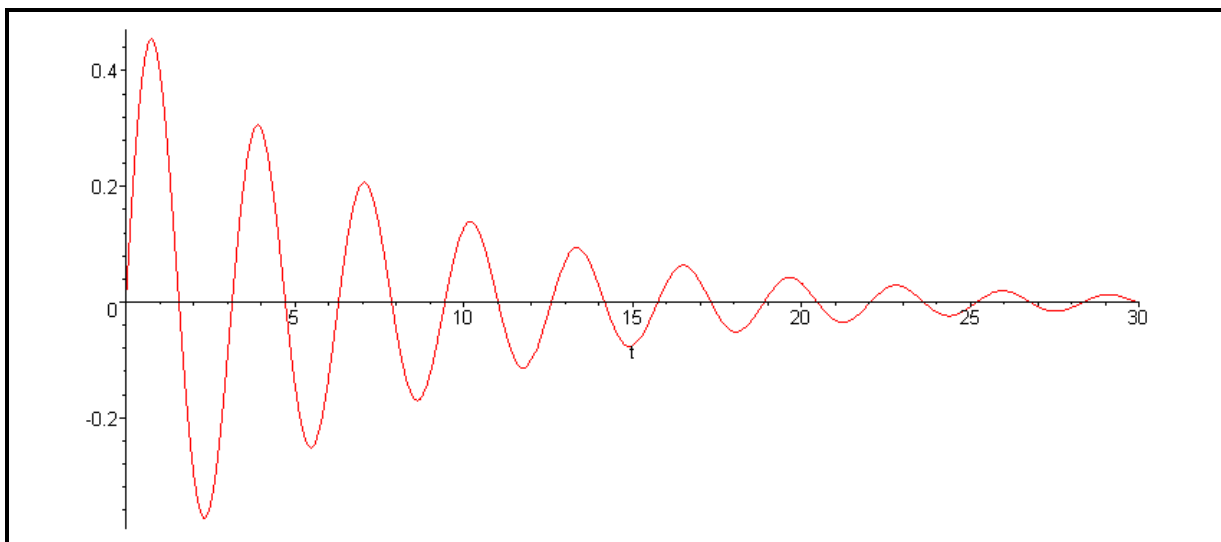
以 Maple 求解 (2)(3)得  $i(t) = \frac{8}{\sqrt{255}} e^{-\frac{t}{8}} \sin\left(\frac{\sqrt{255}}{8} t\right)$

```

> restart;
> eq1:=diff(i(t),t$2)+1/4*diff(i(t),t)+4*i(t)=0;
      eq1 := (d^2 i(t) / dt^2) + 1/4 (d i(t) / dt) + 4 i(t) = 0
> ini:=i(0)=0,D(i)(0)=1;
      ini := i(0) = 0, D(i)(0) = 1
> dsolve({eq1,ini},i(t));
      i(t) = 8/255 * sqrt(255) * e^(-t/8) * sin(sqrt(255) * t / 8)
> restart;
> i:=t->8/255*255^(1/2)*exp(-1/8*t)*sin(1/8*255^(1/2)*t);
      i := t -> 8/255 * sqrt(255) * e^(-1/8*t) * sin(1/8 * sqrt(255) * t)
> plot(i(t),t=0..30);

```

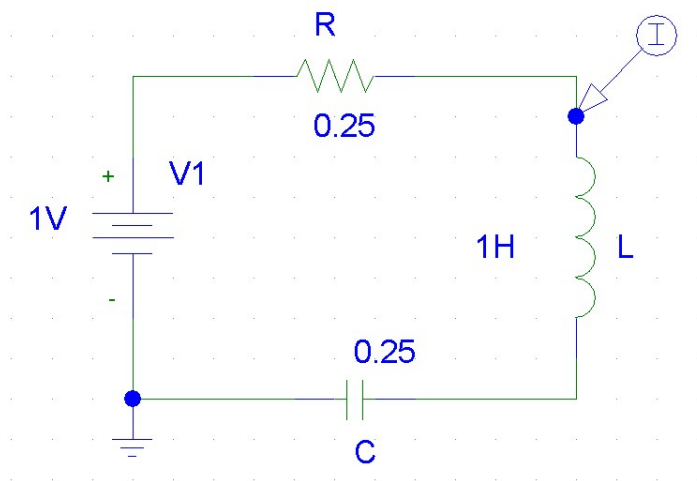




Part II: 以 PSpice 求解  $i_1(t)$  及  $i_2(t)$

Step 1: 首先根據所示，將所需要的元件排列至正確位置，並設定正確的值，請參考下表。

類別	PSpice 元件名稱	標籤	參數設定
直流電壓源	VDC	V1	VALUE=1V
電阻	r	R1	VALUE=0.25
電容	C	C	VALUE=0.25, IC=0
電感	L	L	VALUE=2, IC=0
接地	GND_EARTH		



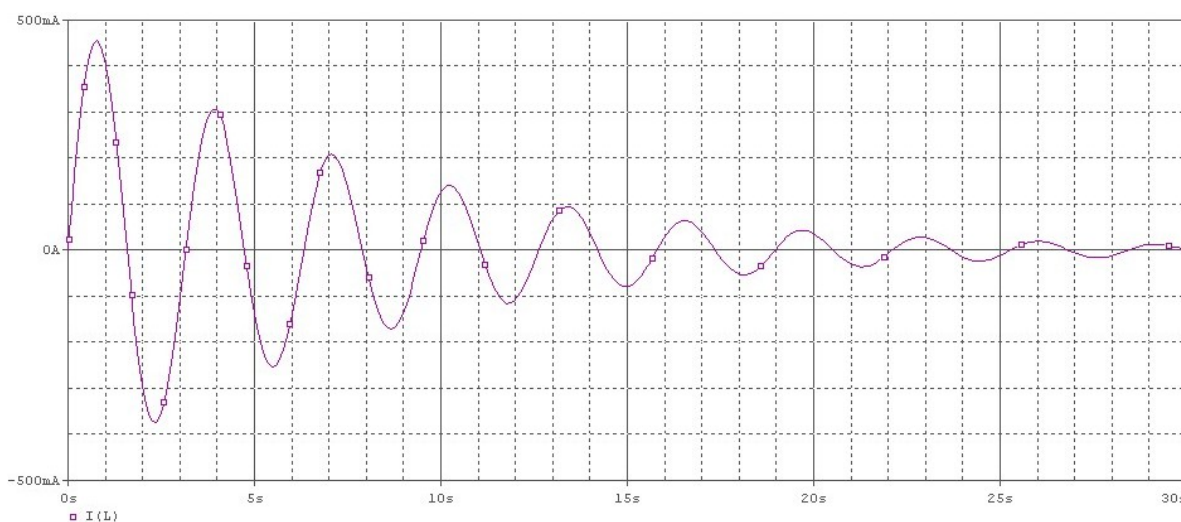
Step 2: 由 Analysis→Setup 勾選 Transient(暫態)，出現 Transient 視窗後設定如下：

Print Step=0.01    Final Time=30    No-print Delay=0    Step Ceiling=0.01

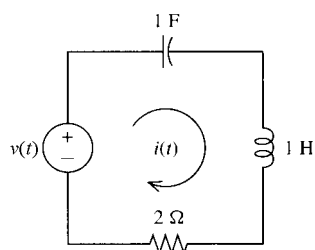
Step 3: 建立電路連結檔：由工具列中依序選取 Analysis→Creat Netlist。

Step 4: 電路模擬：由工具列中依序選取 Analysis→Simulate。

Step 5: 驗證：首先得到模擬視窗結果如下，進一步利用游標得知任何時間的  $i(t)$  的值，再與 Maple 所求結果印證是否符合。



四、範例：如圖所示，假設  $v(t) = 12 \cos(4\pi t)$ ，當電路達到穩態時，求電流  $i$  並畫出其波形。



Part I: 以 Maple 求解  $i(t)$

以相位法求解，根據 KVL：

$$I_0 = \frac{V}{R + j2\pi f L + \frac{1}{i2\pi f C}} = \frac{12}{2 + j4\pi + \frac{1}{j4\pi}}$$

$$|I_0| = 0.9489, \angle I_0 = -1.412 \text{ rad. 所以 } i(t) = |I_0| \cos(4\pi t + \angle I_0)$$

```

> restart;
> I0 := V / (R + ZC + ZL);
                                I0 := V / (R + ZC + ZL)
> ZC := 1 / (I * 2 * Pi * f * C); ZL := I * 2 * Pi * f * L;
                                ZC := -1 / (2 * Pi * f * C)
                                ZL := 2 * I * Pi * f * L
    
```

```

> f:=2;R:=2;C:=1;L:=1;V:=12;

      f:=2

      R:=2

      C:=1

      L:=1

      V:=12

> evalc(I0);

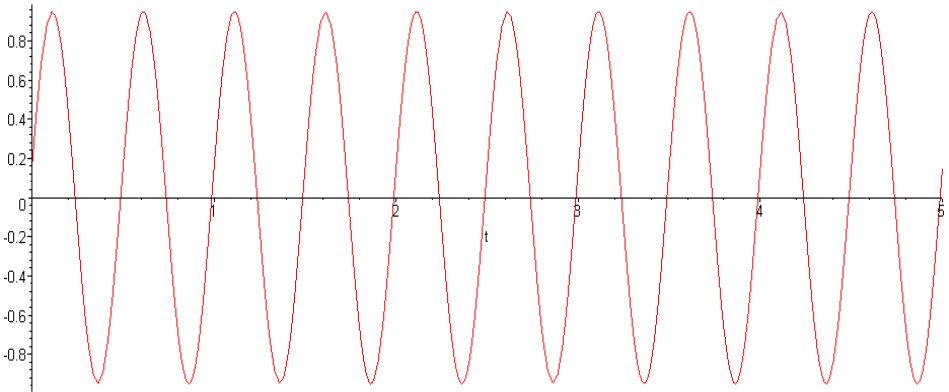
      
$$\frac{24}{4 + \left(-\frac{1}{4\pi} + 4\pi\right)^2} - \frac{12 I\left(-\frac{1}{4\pi} + 4\pi\right)}{4 + \left(-\frac{1}{4\pi} + 4\pi\right)^2}$$


> evalf(abs(I0)); evalf(argument(I0));

> i:=t->.9489205487*cos(4*Pi*t-1.411976067);

      i := t → 0.9489205487 cos(4 π t - 1.411976067)

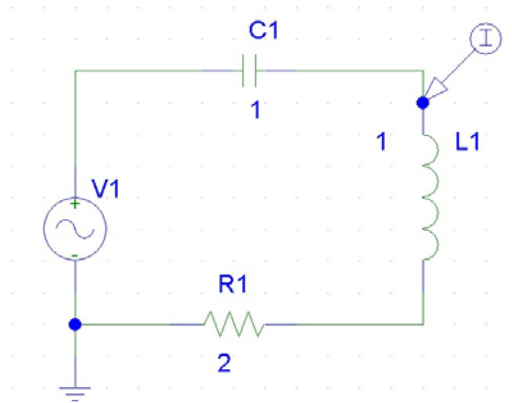
> plot(i(t),t=0..5);
    
```



Part II: 以 PSpice 求解  $i_1(t)$  及  $i_2(t)$

Step 1: 首先根據所示，將所需要的元件排列至正確位置，並設定正確的值，請參考下表。

類別	PSpice 元件名稱	標籤	參數設定
直流電壓源	VSIN	V1	DC=0, AC=0, VOFF=0 VAMPL=12, FREQ=2, PHASE=90
電阻	r	R1	VALUE=2
電容	C	C1	VALUE=1, IC=0
電感	L	L1	VALUE=1, IC=0
接地	GND_EARTH		



Step 2: 由 Analysis→Setup 勾選 Transient(暫態)，出現 Transient 視窗後設定如下：

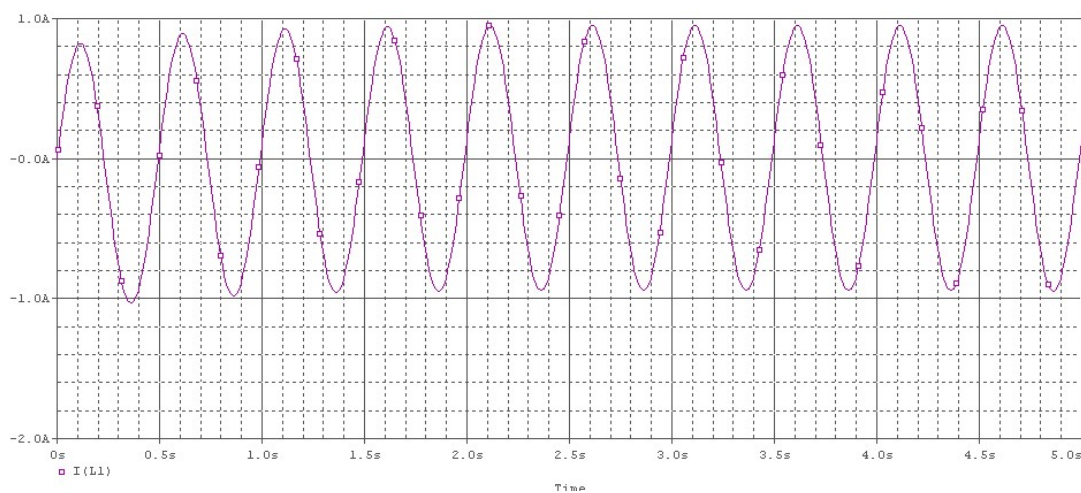
Print Step=0.01 Final Time=5 No-print Delay=0 Step Ceiling=0.01

Step 3: 建立電路連結檔：由工具列中依序選取 Analysis→Creat Netlist。

Step 4: 存檔

Step 5: 電路模擬：由工具列中依序選取 Analysis→Simulate。

Step 6: 驗證：首先得到模擬視窗結果如下，進一步利用游標得知任何時間的  $i(t)$  的值，再與 Maple 所求結果印證是否符合。

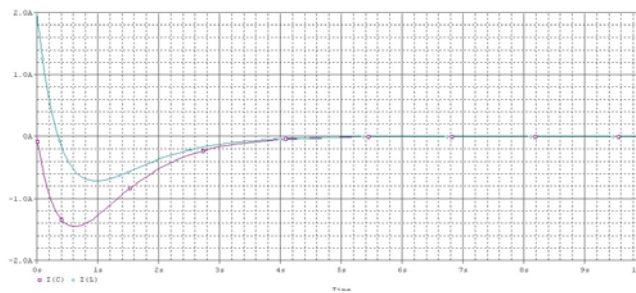
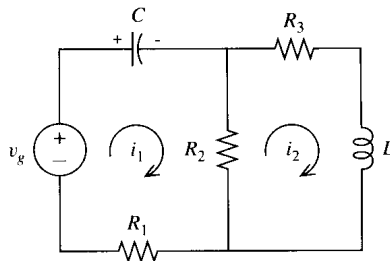


註：輸出波形剛開始時還未達到穩態，因此與理論值(如 Maple 所畫的波形)有所不同，達到穩態後就完全相同了，

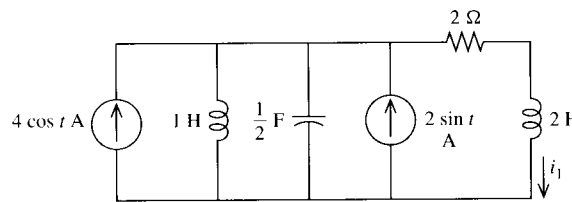
五、練習：

1. 令電容及電感的初始值為  $v_c(0^+) = 12V, i_L(0^+) = 2A$ 。根據以下電路畫出  $i_1(t)$  及  $i_2(t)$  波形

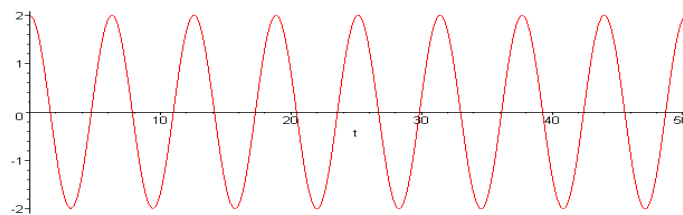
$v_g = 1V, C = \frac{1}{4}F, L = 2H, R_1 = 2\Omega, R_2 = 5\Omega, R_3 = 4\Omega$



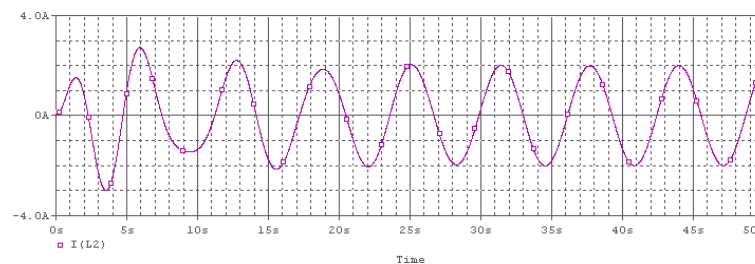
2. 求下列電路輸出電流  $i_1(t)$  的穩態波形



Maple 提示： $i_1(t)$  波形



PSpice 提示：

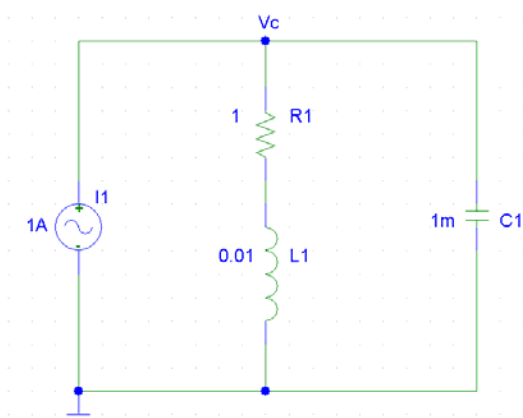


## Part III. 交流分析

### 一、前言：

如果要求一個電路的頻率響應，我們稱這樣的分析過程叫做交流分析。頻率響應圖有兩種表示：(1)線性座標圖，其橫軸(頻率)及縱軸(電壓、電流或功率)的刻度均為線性；(2)另一種是波德圖，其橫軸為對數(log)，縱軸為 dB 值。

二、範例：(1)求以下電路的頻率響應函數  $H(f)$  (2) 以線性座標圖畫出  $H(f)$  (3)以波德圖畫出  $H(f)$  (4)求該電路的 -3dB 頻寬



假設  $Z_L(f) = 2\pi f L$ ， $Z_C(f) = \frac{1}{2\pi f C}$ ，根據電路圖得知輸出電壓  $V(f)$  與輸入電流  $I(f)$  的關係為

$$V(f) = I(f) \frac{(Z_L(f) + R)}{(Z_L(f) + R) + Z_C(f)} \times Z_C(f)，\text{因此頻率響應函數為}$$

$$H(f) = \frac{V(f)}{I(f)} = \frac{(Z_L(f) + R)}{(Z_L(f) + R) + Z_C(f)} \times Z_C(f)$$

Part I: 以 Maple 求解

```
> restart;
> H:=f->(ZL(f)+R)/(ZL(f)+R+ZC(f))*ZC(f);
      H:=f-> (ZL(f)+R) ZC(f)
              ZL(f)+R+ZC(f)
> ZL:=f->I*2*Pi*f*L; ZC:=f->1/(I*2*Pi*f*C);
      ZL:=f->2 I pi f L
      ZC:=f-> -1
                2
              pi f C
> evalc(H(f));
```

$$\frac{\pi f L R}{R^2 + \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)^2} - \frac{R \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)}{2 \left(R^2 + \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)^2\right)} \\ + \frac{\left[ -\frac{R^2}{2 \left(R^2 + \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)^2\right)} - \frac{\pi f L \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)}{R^2 + \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)^2} \right] I}{\pi f C}$$

> # 求 H(f) 的實部 A 及虛部 B，以及絕對值

> A:=f->(Pi\*f\*L\*R/(R^2+(2\*Pi\*f\*L-1/(2\*Pi\*f\*C))^2)-1/2\*R\*(2\*Pi\*f\*f\*L-1/(2\*Pi\*f\*C))/(R^2+(2\*Pi\*f\*L-1/(2\*Pi\*f\*C))^2))/Pi/f/C;

$$A := f \rightarrow \frac{\frac{\pi f L R}{R^2 + \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)^2} - \frac{1}{2} \frac{R \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)}{R^2 + \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)^2}}{\pi f C}$$

> B:=f->(-1/2\*R^2/(R^2+(2\*Pi\*f\*L-1/(2\*Pi\*f\*C))^2)-Pi\*f\*L\*(2\*Pi\*f\*f\*L-1/(2\*Pi\*f\*C))/(R^2+(2\*Pi\*f\*L-1/(2\*Pi\*f\*C))^2))/Pi/f/C;

$$B := f \rightarrow \frac{\frac{1}{2} \frac{R^2}{R^2 + \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)^2} - \frac{\pi f L \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)}{R^2 + \left(2 \pi f L - \frac{1}{2 \pi f C}\right)^2}}{\pi f C}$$

> H\_abs:=f->sqrt(A(f)^2+B(f)^2);

$$H\_abs := f \rightarrow \sqrt{A(f)^2 + B(f)^2}$$

> R:=1;L:=1/100;C:=1/1000;

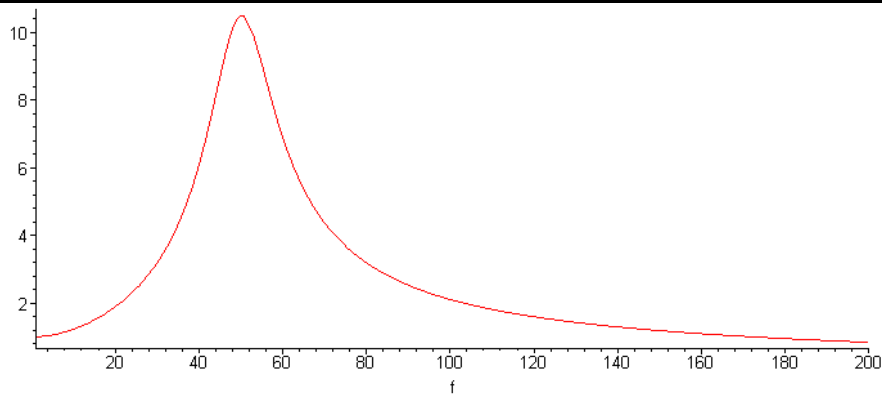
$$R := 1$$

$$L := \frac{1}{100}$$

$$C := \frac{1}{1000}$$

> #畫出頻率響應特性曲線

> plot(H\_abs(f),f=1..200);

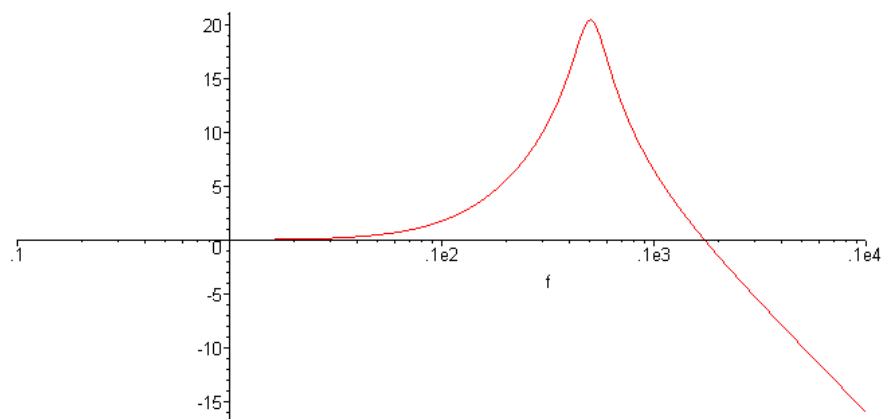


> #畫波德圖(頻率響應特性曲線)

> with(plots):

Warning, the name changecoords has been redefined

> semilogplot(20\*log[10](H\_abs(f)),f=0.1..1000,numpoints=1000);



> #決定 3dB 頻寬

> # 1. 決定輸出最高點所對應的頻率 f0

> solve(diff(H\_abs(f)=0,f));

$$0, \frac{50 \sqrt{-1+2\sqrt{30}}}{\pi}, -\frac{50 \sqrt{-1+2\sqrt{30}}}{\pi}, \frac{50 I \sqrt{1+2\sqrt{30}}}{\pi}, \frac{-50 I \sqrt{1+2\sqrt{30}}}{\pi}$$

> f0:=evalf(50/Pi\*(-1+2\*30^(1/2))^(1/2));  
f0 := 50.21445940

> # 2. 決定-3dB 所對應的頻率 f1, f2

> solve(H\_abs(f)=H\_abs(f0)/sqrt(2),f);

$$-58.68665926, -42.76783292, 42.76783292, 58.68665926$$

> f1:=42.76783292; f2:=58.68665926;

f1 := 42.76783292

f2 := 58.68665926

> # 3. 計算-3dB 頻寬

> BW:=f2-f1;

## Part II: 以 PSpice 求解

Step 1: 首先根據所示，將所需要的元件排列至正確位置，並設定正確的值，請參考下表。

類別	PSpice 元件名稱	標籤	參數設定
交流電流源	IAC	I1	ACMAG=1A



電阻	r	R1	VALUE=1
電感	L	L1	VALUE=0.01
電容	C	C1	VALUE=1m
接地	GND_EARTH		

如上圖所示，將上端的節點命名為 Vc (點擊兩次藍色節點出現 LABEL 視窗後填入 Vc)

Step 2-1(畫出線性座標頻率響應特性曲線): 由 Analysis→Setup 勾選 AC Sweep(交流掃瞄)，出現 AC Sweep and Noise Analysis 視窗後設定如下：

AC Sweep Type 子視窗: Linear

Sweep Parameters 子視窗: Total Pts=101 Start Freq.=0.01 End Freq.=200

Step 2-2(畫出波德圖): 由 Analysis→Setup 勾選 AC Sweep(交流掃瞄)，出現 AC Sweep and Noise Analysis 視窗後設定如下：

AC Sweep Type 子視窗: Decade

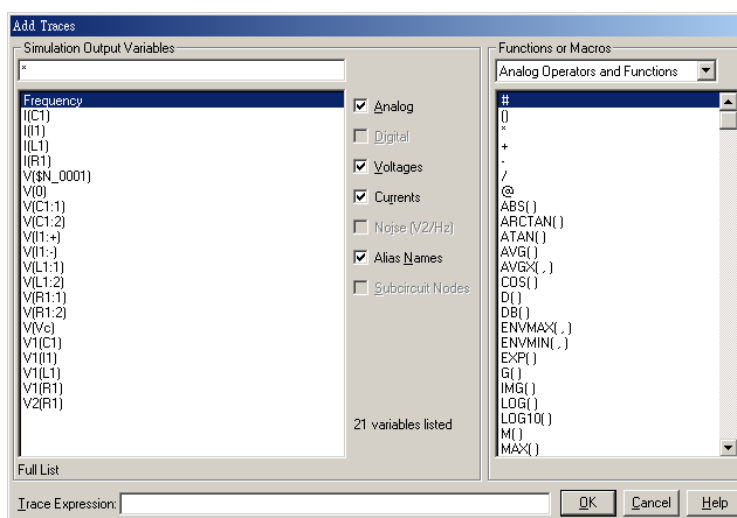
Sweep Parameters 子視窗: Pts/Decade=101 Start Freq.=0.01 End Freq.=200

Step 3: 建立電路連結檔：由工具列中依序選取 Analysis→Creat Netlist。

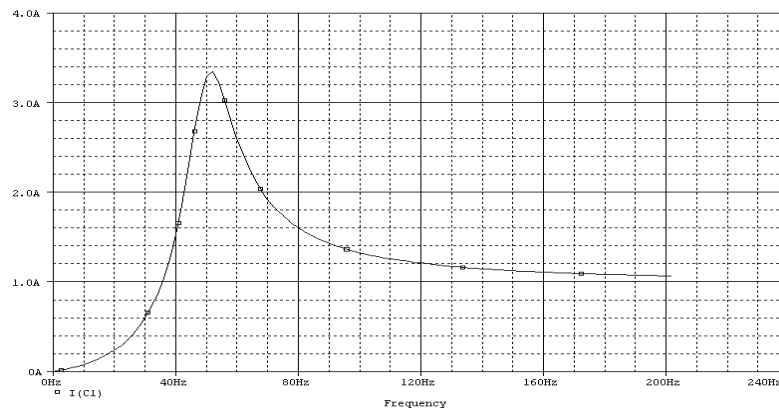
Step 4: 存檔

Step 5-1: 電路模擬(畫出頻率響應特性曲線)：由工具列中依序選取 Analysis→Simulate。此時並未於模擬視窗中出現波形，請依照以下步驟進行

(1) 由工具列依序點選 Trace→Add Trace ，此時出現以下視窗

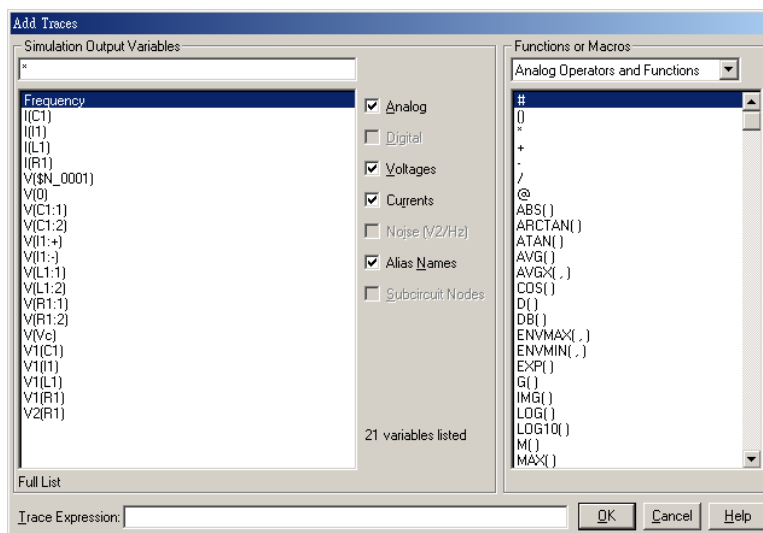


(2) 點選左側視窗的 V(Vc)，此時會在最底下的 Trace Expression 欄位出現 V(Vc)，確定無誤後按下 OK 鍵，螢幕即顯示出所要的頻率響應特性曲線。

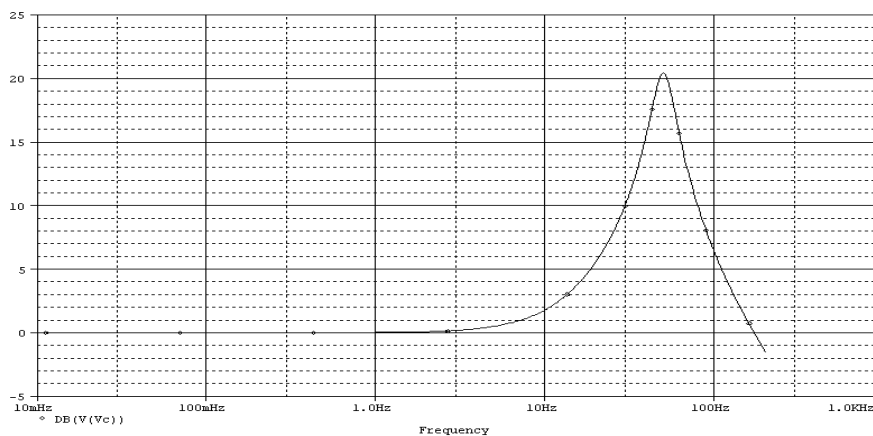


Step5-2: 電路模擬(畫出波德圖)：由工具列中依序選取 Analysis→Simulate。  
此時並未於模擬視窗中出現波形，請依照以下步驟進行

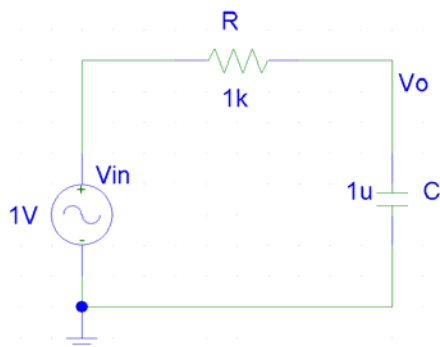
(1) 由工具列依序點選 Trace→Add Trace ，此時出現以下視窗



(2) 點選右側視窗的 DB()，在點選左側視窗的 V(Vc)，此時會在最底下的 Trace Expression 欄位出現 DB(V(Vc))，確定無誤後按下 OK 鍵，螢幕即顯示出所要的波德圖。



三、範例：(1)求以下電路的頻率響應函數 $H(f)$  (2) 以線性座標圖畫出 $H(f)$  (3)以波德圖畫出 $H(f)$



假設 $Z_L = 2\pi f L$ ， $Z_C = \frac{1}{2\pi f C}$ ，根據電路圖得知輸出電壓 $v(t)$ 與輸入電流 $i(t)$ 的關係為

假設 $Z_C = \frac{1}{2\pi f C}$ ，根據電路圖得知輸出電壓 $v_{in}(t)$ 與輸出電壓 $v_o(t)$ 的關係為

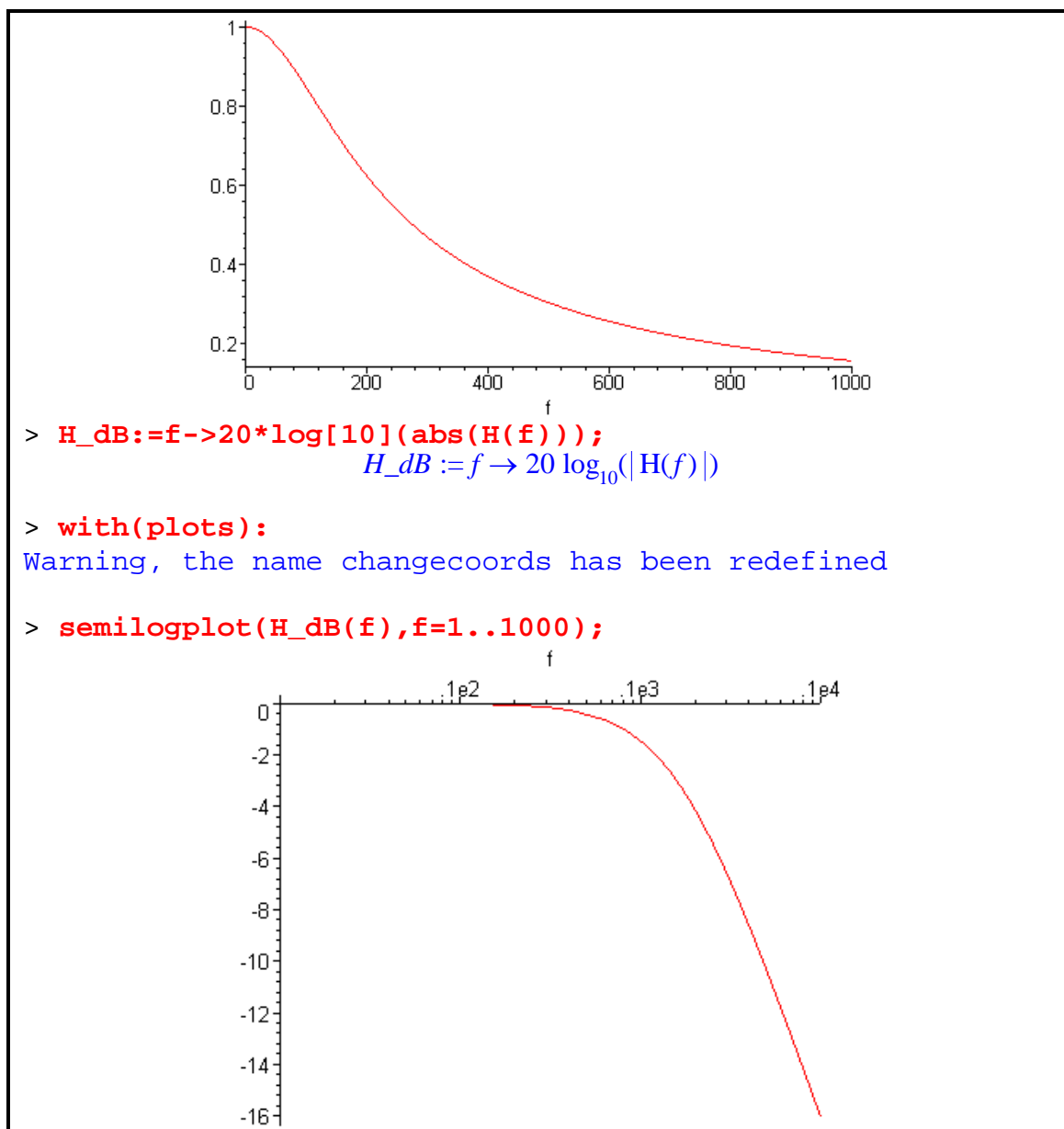
$$V_o(f) = V_i(f) \frac{\frac{1}{j2\pi f C}}{R + \frac{1}{j2\pi f C}} = \frac{V_i(f)}{1 + j2\pi f RC}$$

因此頻率響應函數為

$$H(f) = \frac{v_o(f)}{v_i(f)} = \frac{1}{1 + j2\pi f RC}$$

Part I: 以 Maple 求解

```
> restart;
> ZC:=f->1/(I*2*Pi*f*C);
                                -1
                                I
                                /
                                2
                                /
                                pi*f*C
ZC:=f->-----
> H:=f->ZC(f)/(R+ZC(f));
                                ZC(f)
                                /
                                R+ZC(f)
H:=f->-----
> R:=1e3;C:=1e-6;
                                R := 1000.
                                C := 0.1 10-5
> plot(abs(H(f)),f=0..1000);
```



### Part II: 以 PSpice 求解

Step 1: 首先根據所示，將所需要的元件排列至正確位置，並設定正確的值，請參考下表。

類別	PSpice 元件名稱	標籤	參數設定
電壓源	Vi	VAC	ACMAG=2V, ACPHASE=0
電阻	R	r	VALUE=1k
電容	C	C	VALUE=1uF, IC= (不用設)
接地	GND_EARTH		

如圖所示，將上端的節點命名為 Vo (點擊兩次節點出現 LABEL 視窗後填入 Vo)

Step 2-1(畫出線性座標頻率響應特性曲線): 由 Analysis→Setup 勾選 AC Sweep(交流掃瞄)，出現 AC Sweep and Noise Analysis 視窗後設定如下：

AC Sweep Type 子視窗: Linear

Sweep Parameters 子視窗: Total Pts=101 Start Freq.=1 End Freq.=1000

Step 2-2(畫出波德圖): 由 Analysis→Setup 勾選 AC Sweep(交流掃瞄)，出現 AC Sweep and

Noise Analysis 視窗後設定如下：

AC Sweep Type 子視窗: Decade

Sweep Parameters 子視窗: Pts/Decade=101 Start Freq.=1 End Freq.=1000

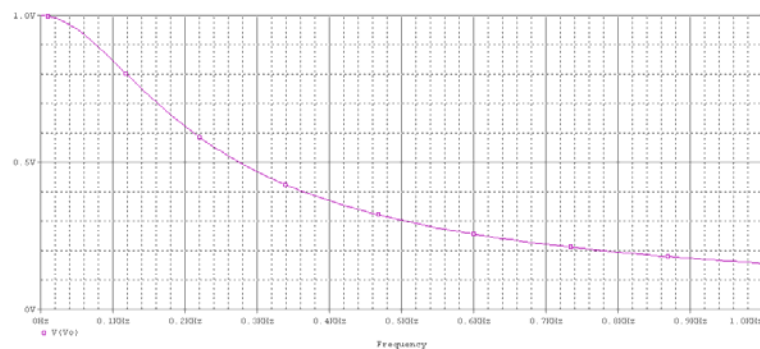
Step 3: 建立電路連結檔：由工具列中依序選取 Analysis→Creat Netlist。

Step 4: 存檔

Step 5-1: 電路模擬(畫出頻率響應特性曲線)：由工具列中依序選取 Analysis→Simulate。  
此時並未於模擬視窗中出現波形，請依照以下步驟進行

(1) 由工具列依序點選 Trace→Add Trace ，此時出現 Add Trace 視窗

(2) 點選左側視窗的  $V(V_o)$ ，此時會在最底下的 Trace Expression 欄位出現  $V(V_o)$ ，確定無誤後按下 OK 鍵，螢幕即顯示出所要的頻率響應特性曲線。

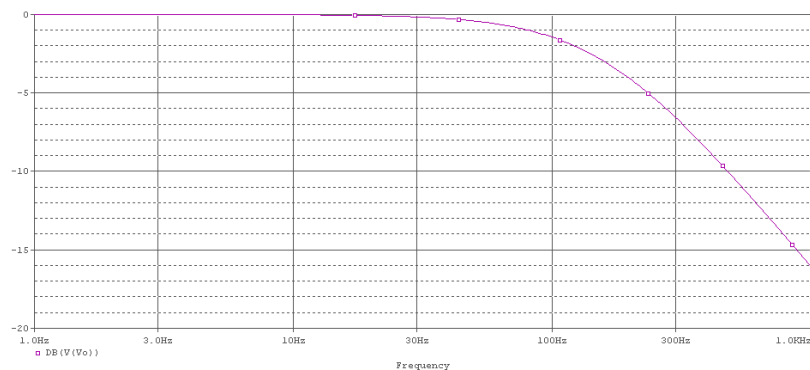


Step5-2: 電路模擬(畫出波德圖)：由工具列中依序選取 Analysis→Simulate。

此時並未於模擬視窗中出現波形，請依照以下步驟進行

(3) 由工具列依序點選 Trace→Add Trace ，此時出現 Add Trace 視窗

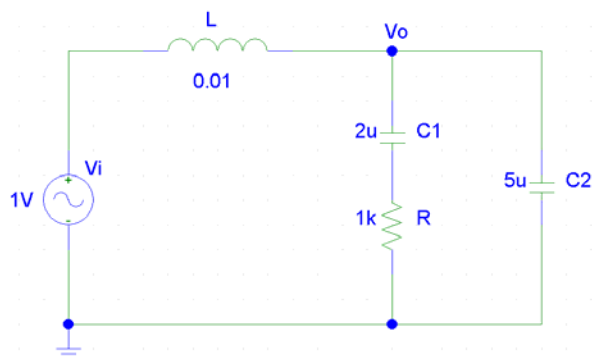
(4) 點選右側視窗的  $DB()$ ，在點選左側視窗的  $V(V_o)$ ，此時會在最底下的 Trace Expression 欄位出現  $DB(V(V_o))$ ，確定無誤後按下 OK 鍵，螢幕即顯示出所要的波德圖。



四、練習：

求以下電路的頻率響應函數  $H(f)$  (2) 以線性座標圖畫出  $H(f)$  (3) 以波德圖畫出  $H(f)$

1.



Maple 提示：

```

> restart;
> ZL:=f->I*2*Pi*f*L;ZC1:=f->1/(I*2*Pi*f*C1);ZC2:=f->1/(I*2*Pi*f
*C2);

      ZL:=f → 2 I π f L

      ZC1:=f →  $\frac{-\frac{1}{2} I}{\pi f C1}$ 

      ZC2:=f →  $\frac{-\frac{1}{2} I}{\pi f C2}$ 

> P2:=(R1,R2)->R1*R2/(R1+R2);

      P2 := (R1, R2) →  $\frac{R1 R2}{R1 + R2}$ 

> H:=f->P2(ZC1(f)+R,ZC2(f))/(ZL(f)+P2(ZC1(f)+R,ZC2(f)));

      H:=f →  $\frac{P2(ZC1(f) + R, ZC2(f))}{ZL(f) + P2(ZC1(f) + R, ZC2(f))}$ 

> L:=0.01;C1:=2e-6;C2:=5e-6;R:=1000;

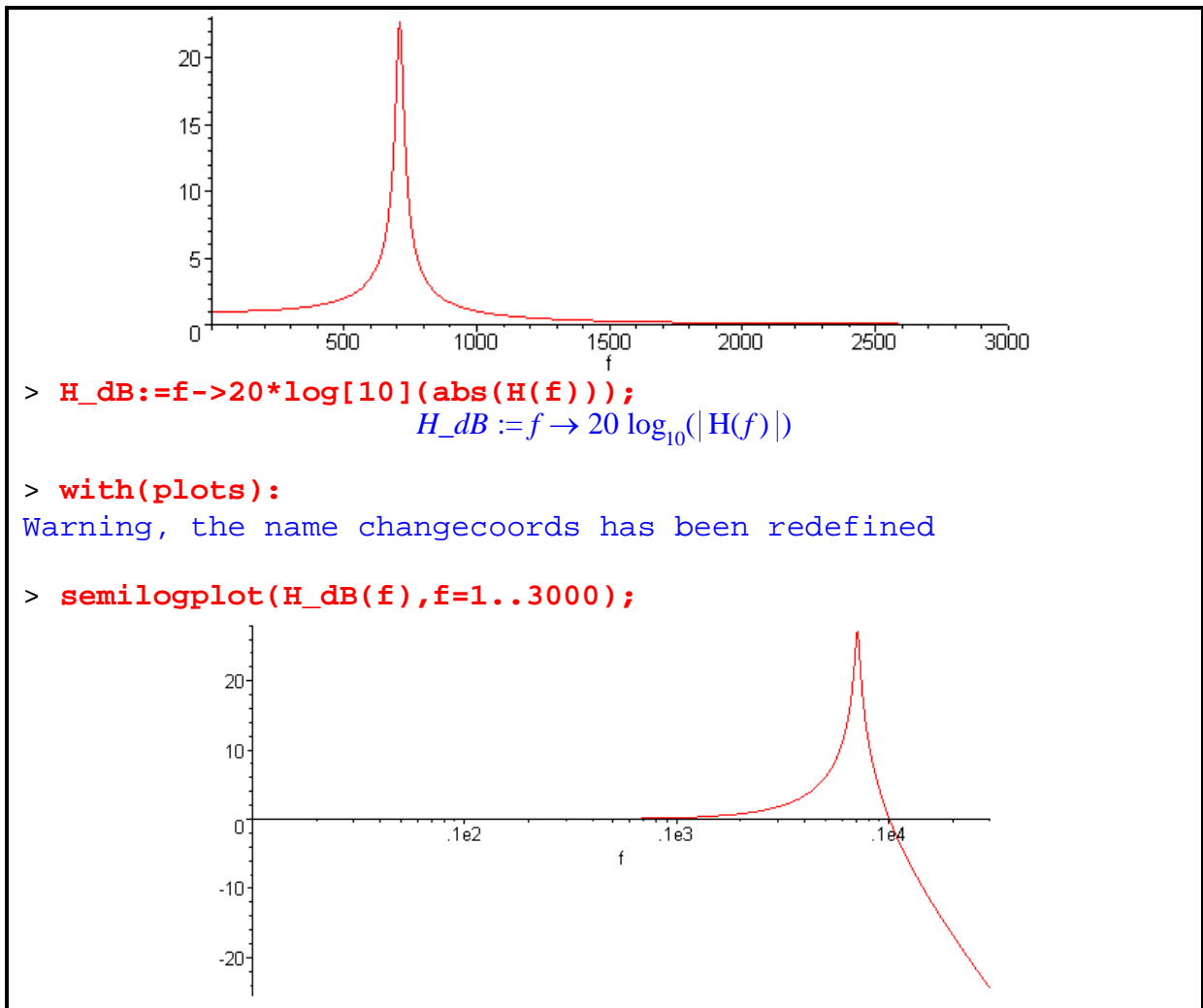
      L := 0.01

      C1 := 0.2 10-5

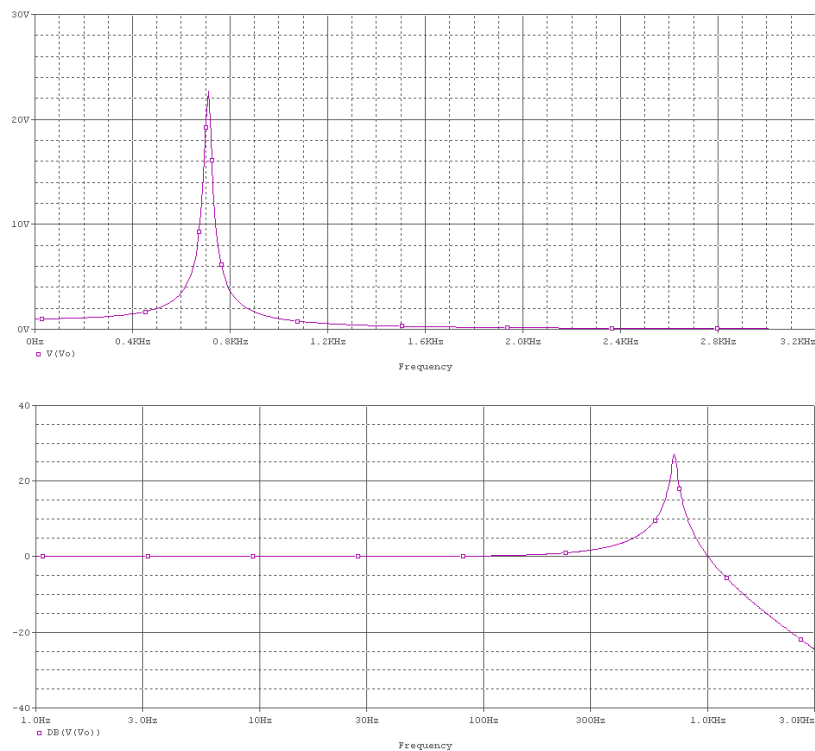
      C2 := 0.5 10-5

      R := 1000

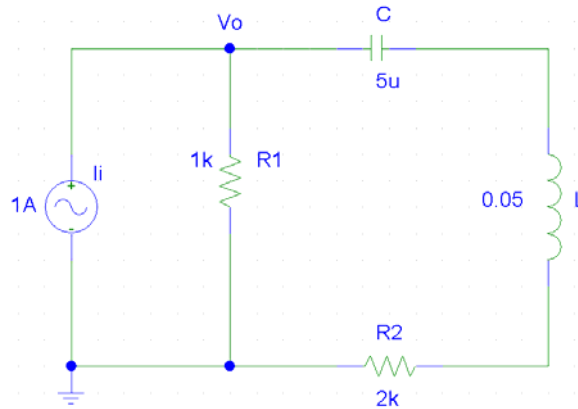
> plot(abs(H(f)),f=1..3000);
    
```



PSpice 提示：



2.



Maple 提示：

```
> restart;
> ZL:=f->I*2*Pi*f*L; ZC:=f->1/(I*2*Pi*f*C);
      ZL:=f -> 2 I pi f L
```

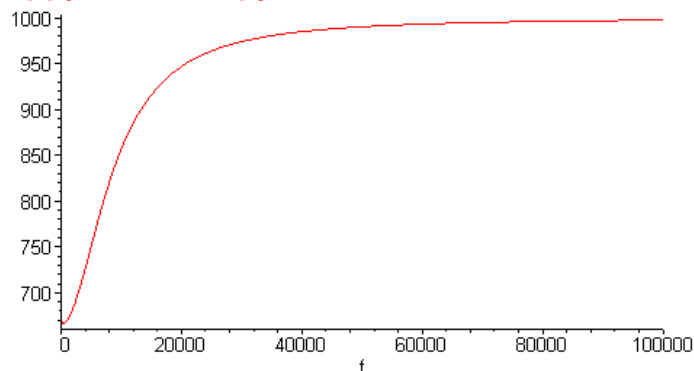
$$ZC := f \rightarrow \frac{-1}{2} \frac{I}{\pi f C}$$

```
> Z:=f->R2+ZL(f)+ZC(f);
      Z:=f -> R2 + ZL(f) + ZC(f)
```

```
> H:=f->Z(f)/(R1+Z(f))*R1;
      H:=f -> \frac{Z(f) R1}{R1 + Z(f)}
```

```
> R1:=1000;R2:=2000;L:=0.05; C:=5e-6;
      R1 := 1000
      R2 := 2000
      L := 0.05
      C := 0.5 10-5
```

```
> plot(abs(H(f)),f=0..1e5);
```

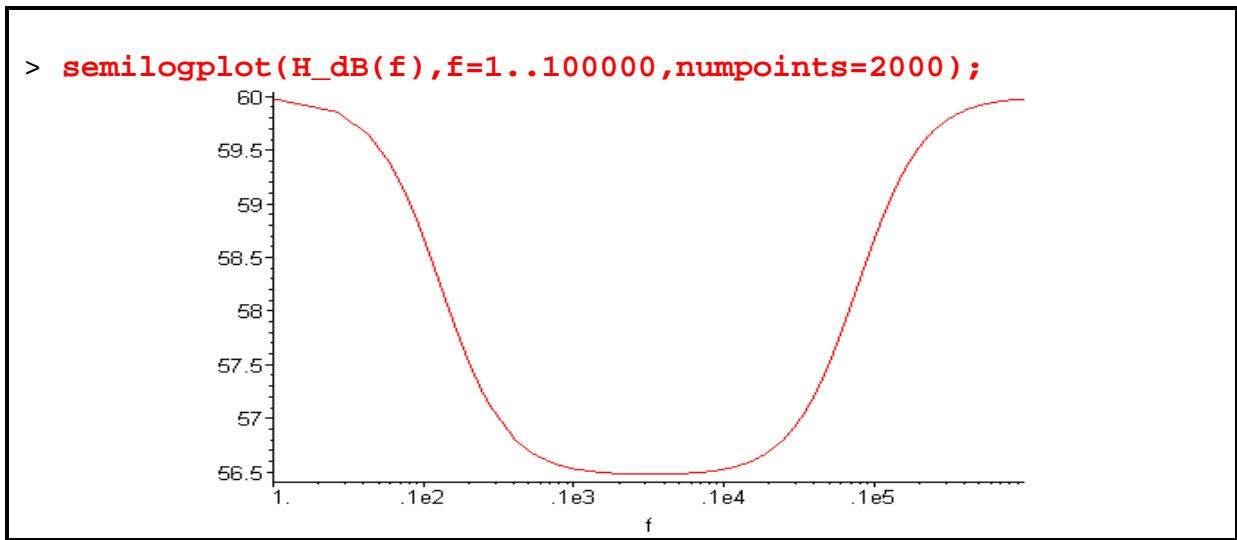


```
> H_dB:=f->20*log[10](abs(H(f)));
      H_dB := f -> 20 log10(|H(f)|)
```

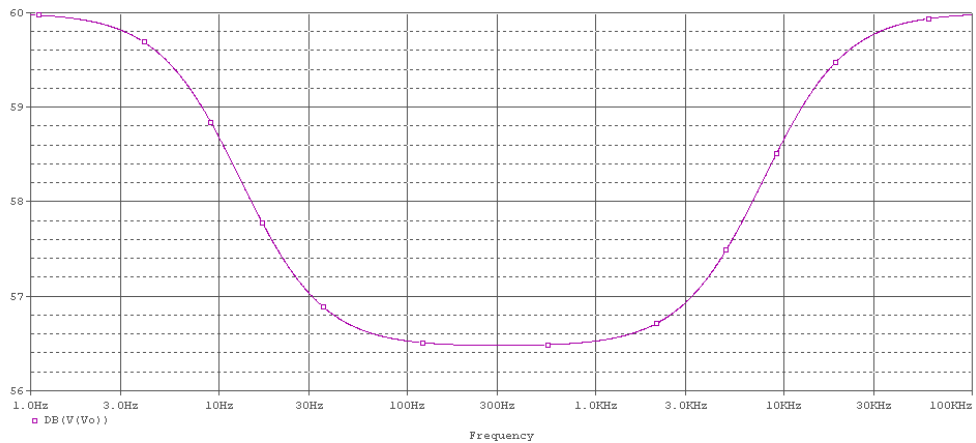
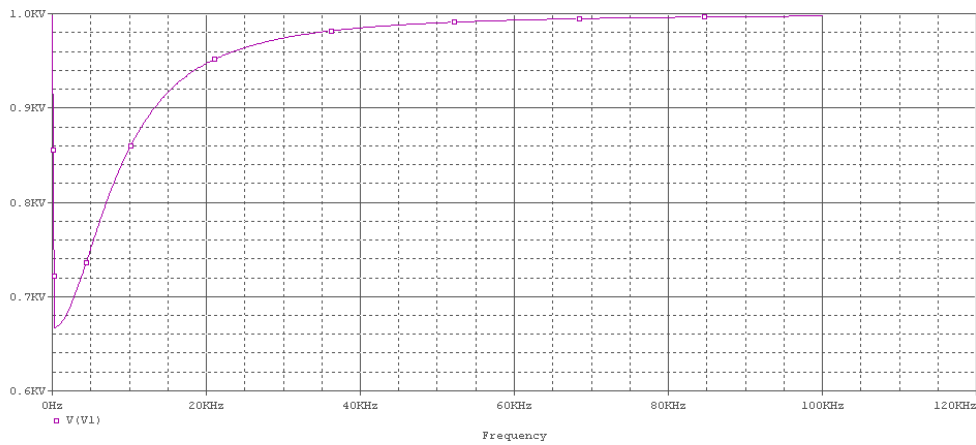
```
> with(plots):
```

Warning, the name changecoords has been redefined

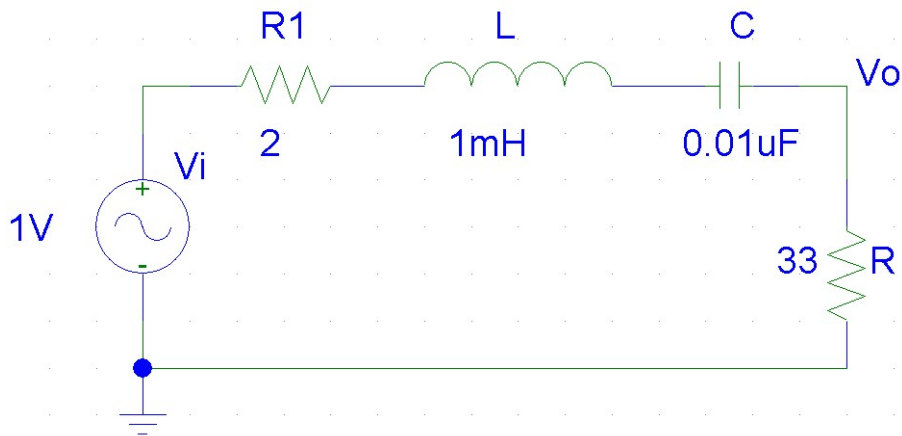




PSpice 提示：



3.



PSpice 提示：

