

BÀI 2

KHẢO SÁT MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU (AC)

A. MỤC ĐÍCH :

Bài thí nghiệm giúp sinh viên khảo sát các đặc trưng của một mạch điện trong trường hợp nguồn tác động lên mạch là nguồn điều hòa, hay còn gọi là nguồn xoay chiều (AC). Quá trình thí nghiệm cũng giúp SV hiểu rõ thêm phương pháp biên độ (hay hiệu dụng) phức, cách dựng đồ thị vectơ, tính toán công suất và các đặc tính thay đổi theo tần số của mạch AC.

B. ĐẶC ĐIỂM :

Phân tích mạch xác lập điều hòa thông qua tính toán trên mạch phức. Ở mạch phức, trở kháng nhánh Z là số phức, bằng tỉ số biên độ phức áp và dòng trên nhánh. Luật Ohm dạng phức được phát biểu:

$$\dot{U} = Z \dot{I} \quad \text{với } Z = |Z| \angle \varphi .$$

I. Xác định $|Z|$:

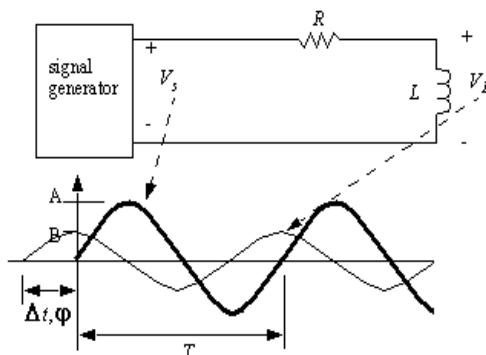
Là tỉ số trị biên độ hay trị hiệu dụng của áp và dòng trên nhánh. Trị biên độ có thể **đọc nhờ dao động ký** và trị hiệu dụng có thể **đọc nhờ volt kế hay amper kế xoay chiều (ACV hay ACA)**.

II. Xác định φ :

Có nhiều phương pháp, trong bài thí nghiệm này đề nghị dùng dao động ký với hai phương pháp cơ bản:

a) So pha trực tiếp:

Đưa cả hai tín hiệu (cùng GND) vào hai kênh của dao động ký. Chọn VERT MODE là DUAL hay CHOP. Điều chỉnh dao động ký để hiển thị hai tín hiệu trên màn hình như Hình 1.2.0.1.



Hình 1.2.0.1: Đo pha trực tiếp

Dựa vào giá trị của nút Time/div ta đọc giá trị Δt và T. Góc lệch pha giữa CHB và CHA xác định theo:

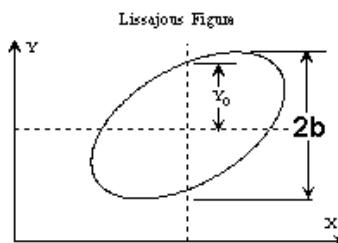
$$\varphi = \left(\frac{\Delta t}{T} \right) \cdot 360^\circ$$

Lưu ý: + Theo hình 1.3.0.1, ta thấy Δt là dương khi tín hiệu cần xác định góc pha xuất hiện trước tín hiệu chuẩn.

+ Dao động ký chỉ nhận tín hiệu áp. Do đó khi cần đưa vào tín hiệu dòng thì ta thông qua tín hiệu áp trên điện trở mang dòng điện đó.

b) So pha dùng đồ thị Lissajous:

Đưa cả hai tín hiệu (cùng GND) vào hai kênh của dao động ký. Chọn VERT MODE là X-Y. Chỉnh định các nút Volt/div của dao động ký để hiển thị trên màn hình như Hình 1.2.0.2.



Hình 1.2.0.2: So pha dùng đồ thị Lissajous

Giả sử $X(t) = a\sin(\omega t)$ và $Y(t) = b\sin(\omega t + \varphi)$. Ta thấy tại $t = 0$ thì $X = 0$ và $Y = b\sin(\varphi) = Y_0$. Do đó:

$$\varphi = \sin^{-1}\left(\frac{Y_0}{b}\right)$$

Phương pháp này đơn giản nhưng chỉ hữu hiệu ở các giá trị $\varphi \leq 45^\circ$. Nếu các giá trị φ lớn hơn, trị $\sin(\varphi)$ thay đổi rất chậm và độ chính xác sẽ giảm.

III. Hiển tượng công hưởng:

Công hưởng là một hiện tượng đặc trưng của tính chất thay đổi theo tần số của một nhánh mạch điện: áp và dòng sẽ cùng pha tại tần số cộng hưởng. Có hai dạng công hưởng cơ bản: công hưởng nối tiếp và công hưởng song song. Ở mạch cộng hưởng RLC nối tiếp, trị hiệu dụng các điện áp trên các phần tử kháng ở gần cộng hưởng sẽ rất lớn so với điện áp vào của mạch (do đó mạch cộng hưởng nối tiếp còn gọi là công hưởng áp). Ở mạch cộng hưởng RLC song song thì dòng điện qua mắc lưới LC ở gần cộng hưởng sẽ rất lớn so với dòng điện cấp cho mạch (do đó mạch cộng hưởng song song còn gọi là công hưởng dòng).

Tại tần số cộng hưởng, biên độ tín hiệu ngõ ra sẽ là cực đại. Và khoảng tần số , mà ở đó biên độ hàm truyền đạt áp lớn hơn $\frac{1}{\sqrt{2}}$ biên độ cực đại , được gọi là băng thông của mạch cộng hưởng (ký hiệu là BW). Dấu băng xảy ra tại tần số cắt của mạch cộng hưởng. Có hai giá trị tần số cắt : tần số cắt dưới f_1 (hay ω_1) bé hơn tần số cộng hưởng và tần số cắt trên f_2 (hay ω_2) lớn hơn tần số cộng hưởng (xem thêm các công thức tính tần số cắt theo thông số mạch ở chương 2– giáo trình Mạch Điện I).

Băng thông của mạch cộng hưởng được xác định khi biết tần số cắt:

$$BW = f_2 - f_1 \text{ (Hz)}$$

Hay: $BW = \omega_2 - \omega_1 \text{ (rad/s)}$

Hệ số phẩm chất Q của mạch cộng hưởng có thể tính bằng công thức:

$$Q = f_0 / BW; \text{ với } f_0 \text{ là tần số cộng hưởng.}$$

(BW và tần số cùng theo thứ nguyên như nhau)

C. PHẦN THÍ NGHIỆM MẠCH AC:

I. Giá trị thông số mạch thí nghiệm:

Giá trị thông số của các mạch thí nghiệm trong phần thí nghiệm này được chọn theo bảng sau đây. Lưu ý giá trị R_L = thành phần điện trở trong mô hình nối tiếp của cuộn dây sẽ được xác định trong quá trình thí nghiệm.

Phần tử	Giá trị dùng thí nghiệm
C	0,047 μF (473)
L	100 mH
R_L	[Hatched]
R	1 k Ω
R_0	1 k Ω

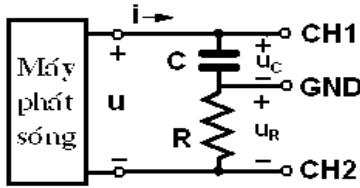
II. Đo trổ kháng tụ điện:

- a) Thực hiện mạch thí nghiệm như hình 1.2.2.

Chỉnh máy phát sóng sin để $u(t)$ có biên độ 2 V, tần số 2 kHz. Dùng dao động ký, đo biên độ áp trên R và trên tụ C. Tính $I_m = U_{Rm}/R$. Tính $|Z_C| = U_{cm}/I_m$.

Sử dụng phương pháp đo pha trực tiếp để đo góc lệch pha ϕ_C giữa $u_c(t)$ và $i_c(t)$ (cũng là $i(t)$ bằng cách CH2 INV). Điền vào bảng số liệu với hai giá trị tần số khác nhau. (Lưu ý chỉnh đúng tần số máy phát, kiểm lại với chu kỳ T thông qua việc đọc từ giá trị nút chỉnh Time/div của dao động ký. Giả sử ta

chọn Time/div = 100 μ s thì tín hiệu 2 kHz; 5 kHz và 10 kHz sẽ có chu kỳ lần lượt là 5 ô; 2 ô và 1 ô)



Hình 1.2.2: Đo trắc kháng tụ điện

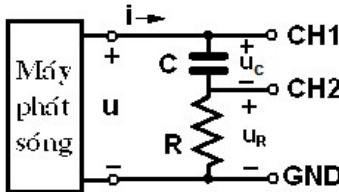
Tần số	U_m	U_{cm}	U_{Rm}	I_m	$ Z_C $	Δt_C	φ_C
2 kHz							
5 kHz							
10 kHz							

- b) Vẽ đồ thị $|Z_C|$ theo ω . Cho biết biểu thức lý thuyết của $|Z_C|$ theo ω .
- c) Kết luận được điều gì khi φ_C phụ thuộc ω .

III. Mạch RC nối tiếp:

- a. Thực hiện mạch thí nghiệm RC nối tiếp như hình 1.2.3.

Chỉnh máy phát sóng sin để $u(t)$ có biên độ 2 V, tần số 2 kHz. Dùng DMM (Multimeter) đo dòng vào mạch, đo áp vào mạch, áp trên R và áp trên C (**Lưu ý:** giá trị đọc trên DMM là trị hiệu dụng). Sử dụng phương pháp đo pha trực tiếp để đo góc lệch pha φ giữa $u(t)$ và $i(t)$ (thông qua đọc Δt). Điền vào bảng số liệu:



Hình 1.2.3: Mạch RC nối tiếp

U	U_c	U_R	I	$ Z $	Δt	φ
1,41Vrms						

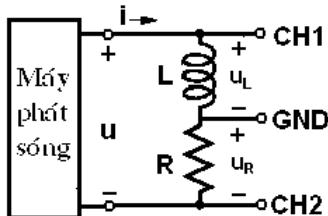
- b. Dựng đồ thị vectơ điện áp của mạch theo số liệu đo phần a) dùng thước và compa, chọn pha ban đầu của dòng điện là 0. Từ đồ thị vectơ suy ra φ . So sánh với giá trị φ đo được trong bảng số liệu.

c. Tính công suất của mạch RC nối tiếp theo số liệu đo:

CS biểu kiến S	Hệ số cosφ (lag/lead)	CS tác dụng P	CS phản kháng Q

IV. Đo trở kháng cuộn dây:

a) Thực hiện mạch thí nghiệm như hình 1.2.4.



Hình 1.2.4: Đo trở kháng cuộn dây

Chỉnh máy phát sóng sin để $u(t)$ có biên độ 2 V, tần số lân lượt là 2 kHz, 5 kHz và 10 kHz. Dưa hai tín hiệu $u_R(t)$ và $u_L(t)$ vào dao động ký. Dùng dao động ký, đo biên độ áp trên R và trên cuộn dây L. Tính $I_m = U_{Rm}/R$. Tính $|Z_L| = U_{Lm}/I_m$.

Sử dụng phương pháp đo pha trực tiếp để đo góc lệch pha φ_L giữa $u_L(t)$ và $i_L(t)$ (cũng là $i(t)$ bằng cách CH2 INV). Diền vào bảng số liệu. (Lưu ý chỉnh đúng tần số máy phát, kiểm lại với chu kỳ T thông qua việc đọc từ giá trị nút chỉnh Time/div của dao động ký)

Tần số	U_m	U_{Lm}	U_{Rm}	I_m	$ Z_L $	Δt_L	φ_L
2 kHz							
5 kHz							
10 kHz							

b) Vẽ đồ thị $|Z_L|$ theo ω . Cho biết biểu thức lý thuyết của $|Z_L|$ theo ω .

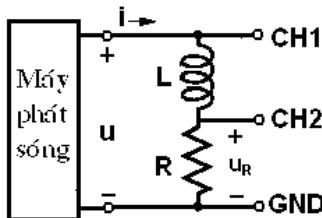
c) Kết luận được điều gì khi φ_L phụ thuộc ω .

V. Mạch RL nối tiếp:

a. Thực hiện mạch thí nghiệm RL nối tiếp như hình 1.2.5.

Chỉnh máy phát sóng sin để $u(t)$ có biên độ 2 V, tần số 2 kHz. Dùng DMM (Multimeter) đo dòng vào mạch, đo áp vào mạch, áp trên R và áp trên L

(**Lưu ý:** giá trị đọc trên DMM là trị hiệu dụng). Sử dụng phương pháp đo pha trực tiếp để đo góc lệch pha φ giữa $u(t)$ và $i(t)$ (thông qua đọc Δt). Điền vào bảng số liệu:



Hình 1.2.5: Mạch RL nối tiếp

U	U _L	U _R	I	Z	Δt	φ
1,41Vrms						

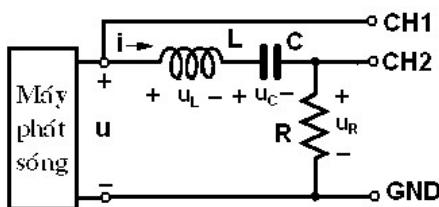
- b. Dựng đồ thị vectơ điện áp của mạch theo số liệu đo dùng thước và compa, chọn pha ban đầu của dòng điện là 0. Từ đồ thị vectơ suy ra φ . So sánh với giá trị φ đo được trong bảng số liệu.
Xác định thành phần điện trở của cuộn dây tại 2 kHz: $R_L = \dots (\Omega)$.

- c. Tính công suất của mạch RL nối tiếp theo số liệu đo:

CS biểu kiến S	Hệ số cos φ (lag/lead)	CS tác dụng P	CS phản kháng Q

VI. Mạch RLC nối tiếp:

- a. Thực hiện mạch thí nghiệm RLC nối tiếp như hình 1.2.6.
Chỉnh máy phát sóng sin để $u(t)$ có biên độ 2 V, tần số 2 kHz. Dùng DMM (Multimeter) đo dòng vào mạch, đo áp vào mạch, áp trên R, trên L và áp trên C (**Lưu ý:** giá trị đọc trên DMM là trị hiệu dụng). Sử dụng phương pháp đo pha trực tiếp để đo góc lệch pha φ giữa $u(t)$ và $i(t)$ (thông qua đọc Δt).
Điền vào bảng số liệu:



Hình 1.2.6: Mạch RLC nối tiếp

U	U _L	U _C	U _R	I	Z	Δt	φ
1,41Vrms							

b. Dựng đồ thị vectơ điện áp của mạch theo số liệu đo dùng thước và compa, chọn pha ban đầu của dòng điện là 0, giả sử R thuần trở và C thuần dung. Từ đồ thị vectơ suy ra φ. So sánh với giá trị φ đo được trong bảng số liệu.

c. Tính công suất của mạch RLC nối tiếp theo số liệu đo:

CS biểu kiến S	Hệ số cosφ (lag/lead)	CS tác dụng P	CS phản kháng Q

d. Tính công suất P trên từng phần tử của mạch RLC nối tiếp:

P _L (trên L)	P _C (trên C)	P _R (trên R)	P _L + P _C + P _R

Từ đó kiểm chứng nguyên lý cân bằng P trong mạch AC:

D. PHẦN THÍ NGHIỆM CỘNG HƯỞNG:

I. Giá trị thông số mạch thí nghiệm:

Giá trị thông số mạch thí nghiệm trong phần thí nghiệm này cho trong bảng sau, trong đó R_L là điện trở nội của cuộn dây trong mô hình nối tiếp.

Phần tử	Giá trị danh định
R, R _{nt}	1 kΩ
R _{ss}	2,2 kΩ
C	0,047 μF (473)
L	100 mH
R _L	300 Ω (đã có sẵn bên trong cuộn dây thực)

II. Mạch cộng hưởng RLC nối tiếp:

a) Đo tần số cộng hưởng nối tiếp:

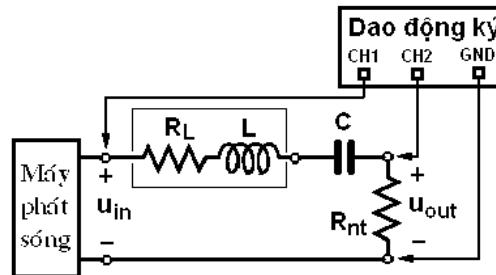
Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.3.1. Chỉnh máy phát sóng sin để u_{in} luôn có biên độ 2 V, tần số chỉnh từ 1kHz đến khoảng 10kHz. Xác định tần số cộng hưởng f₀ khi u_{in} và u_{out} cùng pha. Ta có : f₀ = ... ; U_{out}(f₀) = ...

b) Vẽ dạng U_{out}(f) của mạch nối tiếp:

Mạch thí nghiệm như 1.3.1, chỉnh u_{in} biên độ 2V, tần số thay đổi (có thể đọc tần số dùng dao động ký). Đọc biên độ u_{out} là áp trên điện trở dùng dao động ký và ghi vào bảng số liệu:

f (Hz)	100	1k	10k	100k	f ₀
U _{out} (V)					

+ Vẽ đặc tuyến U_{out}(f) .



Hình 1.3.1: Mạch cộng hưởng nối tiếp

c) Đo tần số cắt và băng thông mạch nối tiếp:

+ Từ giá trị f₀, giảm từ tần số máy phát cho đến khi $U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{out}(f_0)$

(Lưu ý kiểm tra biên độ của u_{in} luôn giữ đúng 4 Vpp). Ta có :

$$f_1 = \quad ; \quad U_{out}(f_1) =$$

+ Từ giá trị f₀, tăng từ tần số máy phát cho đến khi $U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{out}(f_0)$

(Lưu ý kiểm tra biên độ của u_{in} luôn giữ đúng 4 Vpp). Ta có:

$$f_2 = \quad ; \quad U_{out}(f_2) =$$

+ Xác định BW = f₂ - f₁ và Q = f₀/BW.

d) Thực hiện bảng số liệu mạch nối tiếp:

+ Điền giá trị thông số mạch đo được vào cột thứ hai. (Với R_Σ = R_{nt} + R_L)

+ Dùng giá trị đo ở cột 2 để tính toán theo lý thuyết các đại lượng ở cột 3 và điền kết quả vào cột 4.

+ Ghi các đại lượng đo ở trên vào cột 5.

Phần tử	Giá trị	Đại lượng	Tính theo lý thuyết	Đo được	% sai số
R _{nt}		f ₀			
R _L		f ₁			
L		f ₂			
C		BW			
R _Σ		Q			

+ Xác định sai số và ghi vào cột 6.

$$\% \text{ sai số} = \left| \frac{\text{lý thuyết} - \text{đo đạc}}{\text{lý thuyết}} \right| 100\%$$

e) Đo góc lệch pha giữa u_{out} và u_{in} tại các tần số cắt:

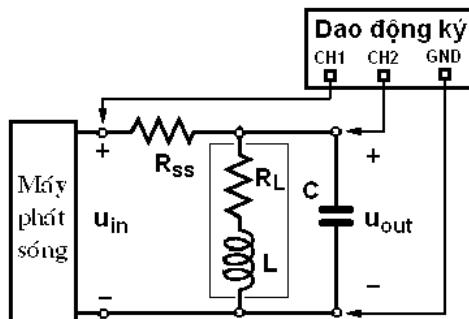
Xem lại cách đo góc lệch pha ở phần Phụ lục tài liệu thí nghiệm. Tính góc lệch pha theo lý thuyết.

Góc lệch pha đo được		Góc lệch pha theo lý thuyết	
Tại f_1	Tại f_2	Tại f_1	Tại f_2

III. Mạch cộng hưởng RLC song song:

a) Đo tần số cộng hưởng song song:

Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.3.2. Chỉnh máy phát sóng sin để u_{in} luôn có biên độ 2 V, tần số chỉnh từ 1kHz đến khoảng 10kHz. Xác định tần số cộng hưởng f_0 khi u_{in} và u_{out} cùng pha. Ta có : $f_0 = \dots$; $U_{out}(f_0) = \dots$



Hình 1.3.2: Mạch cộng hưởng song song

b) Vẽ dạng $U_{out}(f)$ của mạch song song:

Mạch thí nghiệm như 1.3.2, chỉnh u_{in} biên độ 2 V, tần số thay đổi (có thể đọc tần số dùng dao động ký). Đọc biên độ u_{out} là áp trên khung LC dùng dao động ký và ghi vào bảng số liệu:

f (Hz)	100	1k	10k	100k	f_0
U_{out} (V)					

+ Vẽ đặc tuyến $U_{out}(f)$.

c) Đo tần số cắt và băng thông mạch song song:

+ Từ giá trị f_0 , giảm từ tần số máy phát cho đến khi $U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{out}(f_0)$

(Lưu ý kiểm tra biên độ của u_{in} luôn giữ đúng 4 Vpp). Ta có :

$$f_1 = ; \quad U_{out}(f_1) =$$

+ Từ giá trị f_0 , tăng từ tần số máy phát cho đến khi $U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{out}(f_0)$

(Lưu ý kiểm tra biên độ của u_{in} luôn giữ đúng 4 Vpp). Ta có:

$$f_2 = ; \quad U_{out}(f_2) =$$

+ Xác định $BW = f_2 - f_1$ và $Q = f_0/BW$.

d) Thực hiện bảng số liệu mạch song song:

+ Diền giá trị thông số mạch đo được vào cột thứ hai.

+ Dùng giá trị đo ở cột 2 để tính toán theo lý thuyết các đại lượng ở cột 3 và điền kết quả vào cột 4.

+ Ghi các đại lượng đo ở trên vào cột 5.

Phần tử	Giá trị	Đại lượng	Tính theo lý thuyết	Đo được	% sai số
R_{ss}		f_0			
R_L		f_1			
L		f_2			
C		BW			
G_Σ		Q			

(Với G_Σ = dãy nạp tương đương của mô hình 3 nhánh song song)

+ Xác định sai số và ghi vào cột 6.

$$\% \text{ sai số} = \left| \frac{\text{lý thuyết} - \text{đo đạc}}{\text{lý thuyết}} \right| 100\%$$

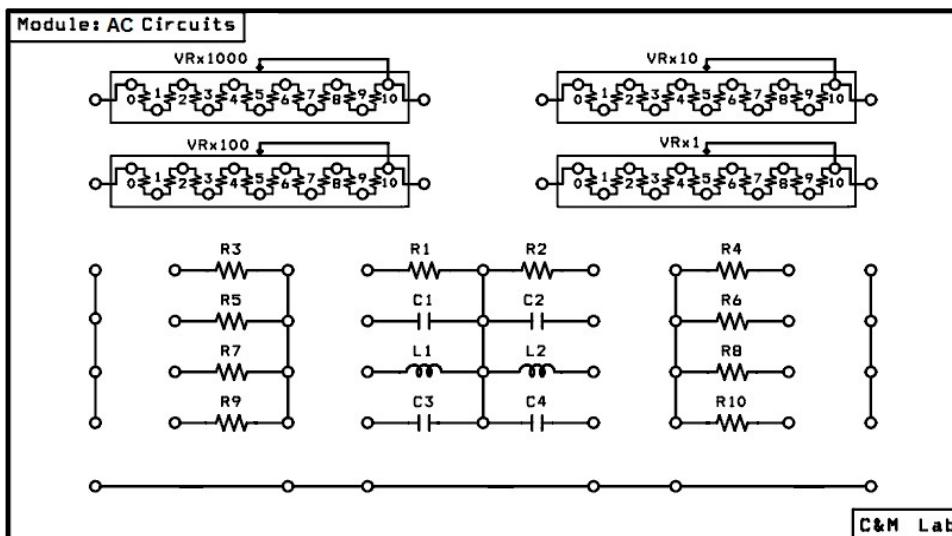
e) Đo góc lệch pha giữa u_{out} và u_{in} tại các tần số cắt:

Xem lại cách đo góc lệch pha ở phần Phụ lục tài liệu thí nghiệm. Tính góc lệch pha theo lý thuyết.

Góc lệch pha đo được		Góc lệch pha theo lý thuyết	
Tại f_1	Tại f_2	Tại f_1	Tại f_2

E. Sơ đồ Module AC Circuits: Dùng cho Bài TN Mạch 2, 3.

+ Sơ đồ module như Hình 1.2.10, giá trị linh kiện như trong Bảng 1.2.1



Hình 1.2.10: Module AC Circuits

Bảng 1.2.1: Danh sách linh kiện trên Module AC Circuits

STT	Tên linh kiện	Giá trị danh định / mô tả
1	Biến trở VR (4 dãy)	1kx10; 100x10; 10x10; 1x10Ω
2	R1, R2, R7, R8	1kΩ
3	R3, R4	100Ω
4	R5, R6	470Ω
5	R9, R10	2.2kΩ
6	C1, C2	0.047μF (473)
7	C3	0.1μF (104)
8	C4	0.01μF (103)
9	L1	100mH
10	L2	10mH

F. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM:

- Hộp thí nghiệm (có máy phát sóng 2MHz).
 - Module AC Circuit .
 - Dao động ký (Oscilloscope) và DMM (Multimeter).
 - Dây nối thí nghiệm (jack banana 2mm).
-