實驗三 RC 電路的暫態電壓

一、實驗目的：

1、探討測量電壓時之誤差。
2、探討電容器漏電阻之問題。
3、瞭解 RC 充放電情形及研習時間常數問題。

二、原理說明：

1、測量電壓之誤差：

當（圖一）中之開關撥於 A 點時，電容器 C 將被充電至 12V，由伏特計可看出在充電過程中之暫態電壓變化情形，若用示波器則可看出此電壓之波形及大小。

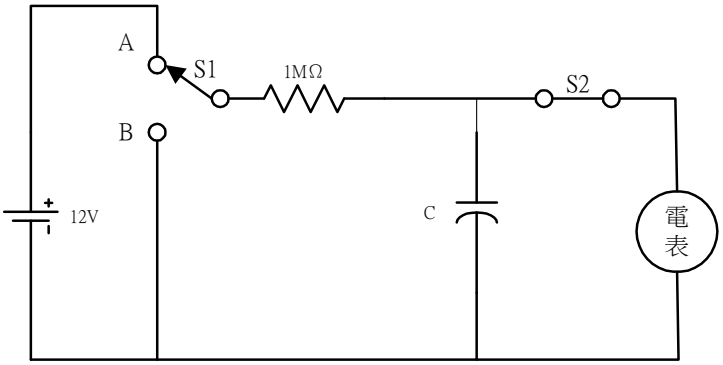
但是我們可發現，有時伏特計所指示之電壓並不準確，對電表認識不夠的人會把錯誤歸罪於電表的誤差，其實這是由電表的內阻所引起。因為電表在每一個測試範圍都有不同的倍加器電阻。

1.1 若使用之電表的內阻只有 $200k\mathrm{W}$，則其所能量測到之 $Ec = \dfrac{200k\mathrm{W}}{1M\mathrm{W} + 200k\mathrm{W}} ? 12V \quad 2V$

1.2 若使用之電表的內阻有 $20M\mathrm{W}$，則其所能量測到之

$$Ec = \frac{20M\mathrm{W}}{1M\mathrm{W} + 20M\mathrm{W}} ? 12V \quad 11.43V$$

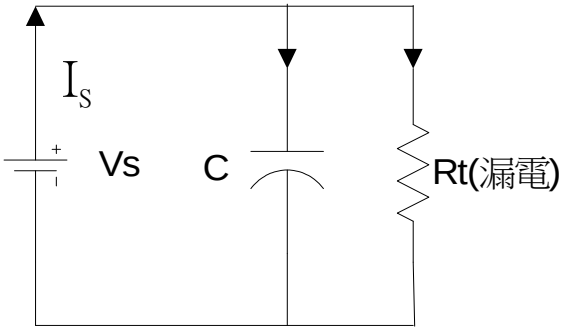
由以上之結果我們可以很清楚的看出不同電表因其內阻不同，所量測出來的結果亦不同。故使用伏特計時必須注意其內部電阻之大小。



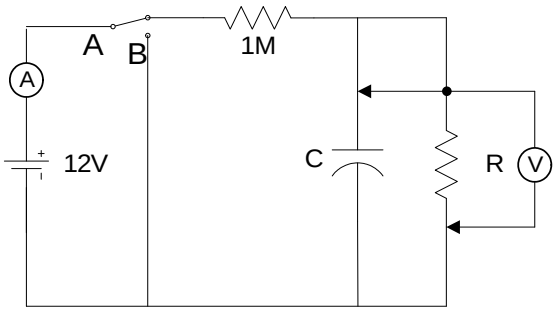
圖一　RC 充、放電之電路

2、電容器之漏電阻

理想上電容器之漏電阻應為無窮大。但是實際上因為電容器兩板之間的介電質並非完全絕緣體，故相當於有一並聯的漏電電阻 Rt，如（圖二）所示。故（圖一）之等效電路如（圖三）所示，電容器上之電壓由此漏電電阻決定，所以量出電容器之電壓，再量測出 $1M\mathrm{W}$ 上之電壓，就可以求出漏電流，因此就可求出電容器之漏電阻。



圖二



圖三

3、時間常數及其曲線：

（圖一）中電容器被充電的電壓可由下式求出：

$$Vc = Vs\left(1- e^{-\frac{t}{t}}\right)$$

如欲計算其充電之百分率則可將式之兩邊同除以 Vs

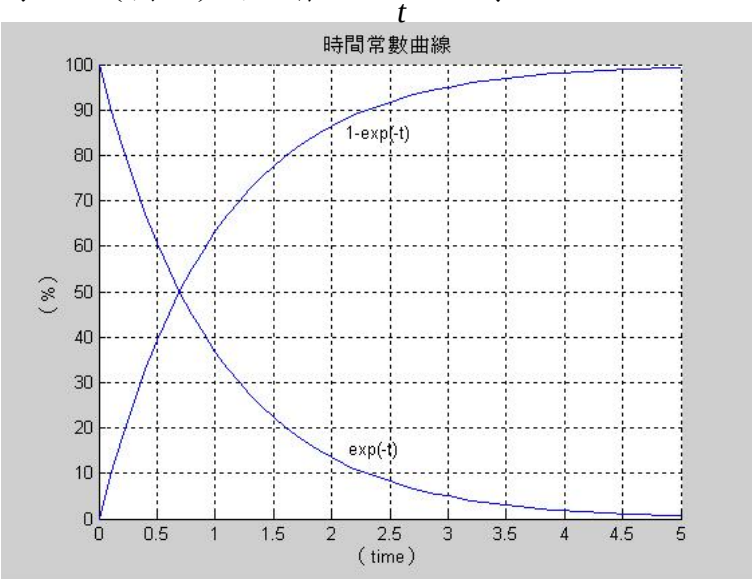
$$\frac{Vc}{Vs} = 1- e^{-\frac{t}{t}}$$

令 $\boxed{x = \frac{t}{t}}$，則充電百分率？ $\frac{Vc}{Vs} \quad 1- e^{-x}$

同理可得電容器之放電百分率？ $\frac{Vc}{Vs} \quad e^{-x}$

以上兩式之曲線如（圖四）所示。用 12V 電源充電，經過二倍的時間常數（$t = 2?t$ ）後，電容器上之電壓為何？由（圖四）可知當 $x = \frac{t}{t} = 2$ 時，$1- e^{-x} = 86.3\%$，故

Vc = Vs×86.3%
= 12V×86.3%
= 10.3V



圖四　時間常數曲線

三、實驗器材：

1. 電阻： 1MΩ×1
2. 電容： 10μF×1
   0.1μF×1
3. 數位三用電表
4. 電源供應器

四、實驗步驟：

工作 1、電容器之漏電阻：(將結果記錄於表一)

1.1. 依照圖一接線，使用 10μF。

1.2 將開關 S 接於 A，將數位三用電表接在電容器之兩端，然後給予 12V 之電源，並測量電容充電後之最大電壓。

1.3 測量兩端 1MΩ 電壓，由歐姆定律計算漏電電流。

1.4 計算電容器漏電電阻值。

1.5 將電容改用 0.1μF，重複 1.1～1.4。

表一

	10μF	0.1μF
電容器之電壓		
1MW之電壓		
1MW之電流		
電容器之漏電阻		

工作 2、時間常數及其曲線：

2.1 依照圖一接線，取 C= 10μF。

2.2 依照 0.5 個時間常數單位(τ =RC)量一次電壓，記於表二中，算出 $\frac{Vc}{Vs}$ ，及$1-e^{-x}$，並從圖四中求出$1-e^{-x}$比較。

2.3 將 S 接到 B，同 2.2 求其放電情形，記於表三中，算出 $\frac{Vc}{Vs}$ ，及 e^{-x}，並從圖三中求出 e^{-x}比較。。

2.4 將 2.2 及 2.3 之結果繪成如圖四之曲線。

表二(充電)

時間 (秒)	Vc (測量值)	$\frac{Vc}{Vs}$	$1-e^{-x}$ (計算值)	$1-e^{-x}$ (查圖表)
10				
20				
30				
40				
50				

表三(放電)

時間 (秒)	Vc (測量值)	$\frac{Vc}{Vs}$	e^{-x} (計算值)	e^{-x} (查圖表)
10				
20				
30				
40				
50				

註 ： x 時間

五、問題與討論：

1. 工作 1 中，由電流表是否可觀測出有漏電電流存在?

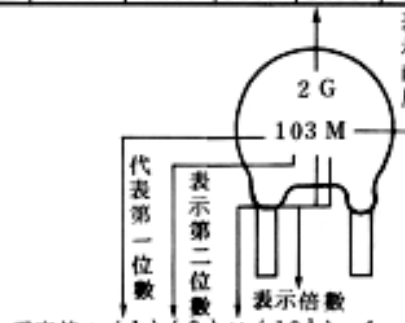
2. 工作 1 中，由表二測量出電阻1*M*W電壓、電流值，是否滿足歐姆定理?理論與實際是否有差別?

3. 工作 2 中，繪出測量與計算的充放電曲線，並說明兩者之差異?

電容表示法:

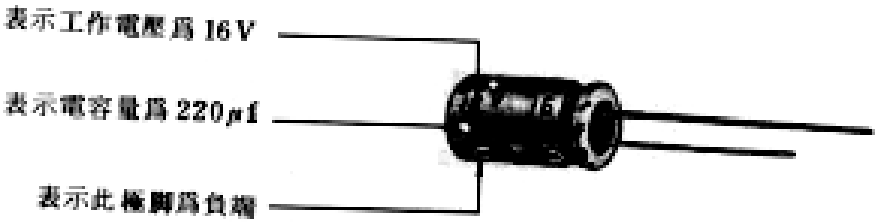
陶瓷與塑膠膜電容的容量，誤差和耐壓額定值是採直接標示法標示。其標示代碼如 2-2-9 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0	1	1.25	1.6	2.0	2.5	3.15	4.0	5.0	6.3	8.0
1	10	12.5	16.0	20	25	31.5	40	50	63	80
2	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
3	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000



電容值：（1）（0）×（10^3）pf

誤　差：±20 %

耐壓值：400 V

誤	差	
字　母	≤10 pf	≥ 10 pf
B	±0.1pF	
C	±2.25 pF	
D	±0.5 pF	
E	–	± 25 %
F	± 1 pF	± 1 %
G	–	± 2 %
H	–	± 2.5 %
J	–	± 5 %
K	–	± 10 %
+M	–	± 20 %
P	–	– 0 + 100 %
S	–	– 20+50 %
W	–	– 0 + 200 %
X	–	– 20+ 40%
Z	–	– 20 + 80 %