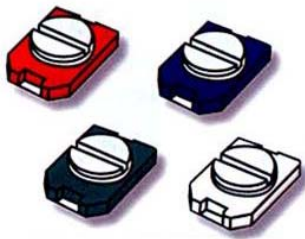




電學及電子學基礎原理

Electrical and Electronic Principle Fundamentals

T01A04~T01A05 合訂本 (T01 下冊)



姓名： _____

班別-班號： _____



【電容器】

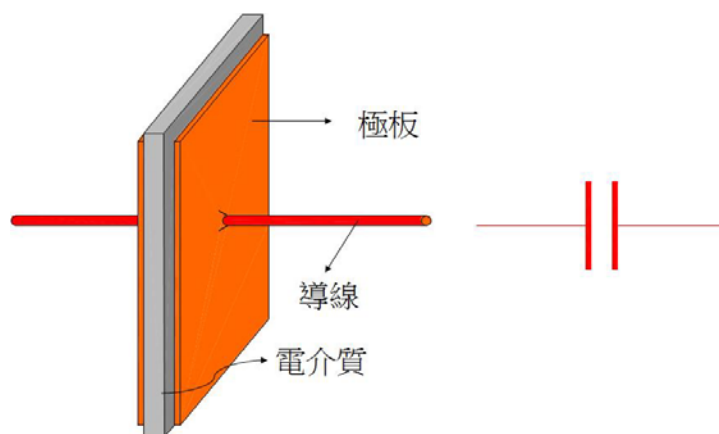
本筆記用途：

學習此單元後，學生應能

1. 說明電容器是有儲電能力的元件
2. 簡述電容器所儲的電量是與供應電壓成正比
3. 說明不同種類的常用電容器
4. 說明電容 $C=Q/V$
5. 說明電容的單位
6. 說明一個平衡極片電容器的電容值是與極片面積 (a) 成正比、距離(d)成反比，及是與其介電材料(ϵ)有關
7. 說明電容器的通常應用

簡單電容器的結構

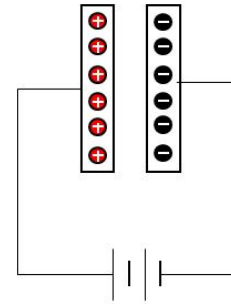
電容器 capacitor/condenser 是儲存電荷的裝置。在兩塊金屬片(導體)中間用絕緣物質隔開。



兩 金屬片 中間被 絕緣物體 分隔，便組成了 電容器

電容器的性能

電容器有儲電的能力。
當電源接至電容器時，便可將
電容器充電，電容器一經充
電後，便會儲藏電量。



介質

分隔電容器金屬片的絕緣物質，叫做介質。

電容器 CAPACITOR

兩塊金屬片中間被絕緣物體分隔，當在它們間接入直流電時，接駁至電源正極的金屬片，其電子會被吸引，電子離開金屬片移向電源的正極，使這一金屬片帶有正電量；接駁至電源負極的金屬片，會接收來自電源的電子，使金屬片帶有負電量，因一塊金屬片帶正電，另一塊帶負電，這兩塊金屬片間有了電壓，這一過程叫做充電。

當在金屬片間接上電源時，金屬片迅速充電，直至其一金屬片完全失去了自由電子或是另一金屬片已沒有空間再容納來自電源的電子時，充電才會停止，這時，兩金屬片間便充上等同電源的電壓，就是切斷電源，金屬片仍然會保留著電量和電壓。當有導電體連接至曾經充電的金屬片時，電子便會由負金屬片經導電體移向正金屬片，金屬片放電，它們的電量會互相中和，金屬片放電完畢時，存在著它們間的電壓也會消失，電壓下降至零。

電容器的運作

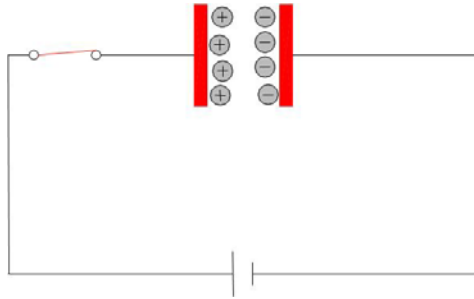
包括: 儲電 ； 充電 及 放電

何謂儲電?

電源向電容器充電令極板產生電磁能量，並儲存在極板裏。

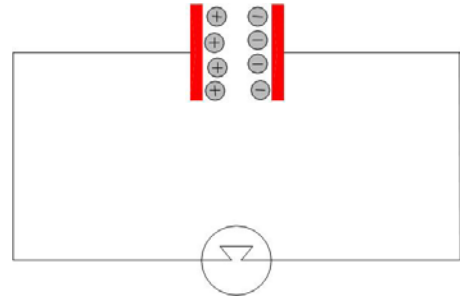
甚麼是充電?

電容器充上電荷的過程一稱為電容的充電。



甚麼是放電?

電容器板上的電荷減少的過程一稱為電容器的放電。



電容的種類

電容器可按其結構可分為

固定電容

全可變電容

半可變電容

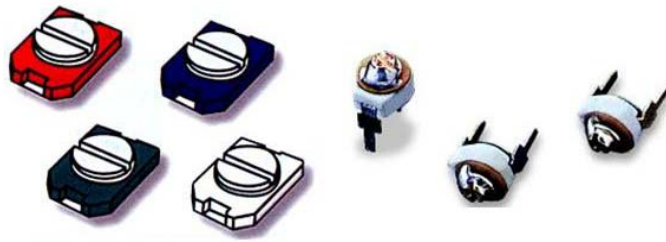
可變容量電容器

可變電容是一種可以在特定範圍內隨意變動其電容量的電容器。



半可變電容器

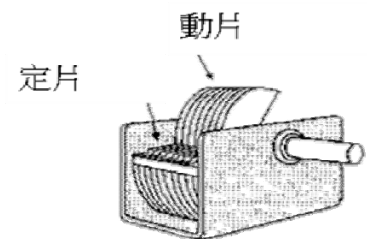
這種電容器又稱為微調電容器或半可變電容器。在結構上與可變電容器沒有多大分別，它是由兩組或兩片金屬極片組成 (見圖)，通常用聚苯乙烯 (英文簡稱 PVC) 作為電介質，所以它又稱為 PVC 半可變電容器。這種電容器定片組與動片組的相對面積或極片間的距離可通過螺絲或轉軸來調節。



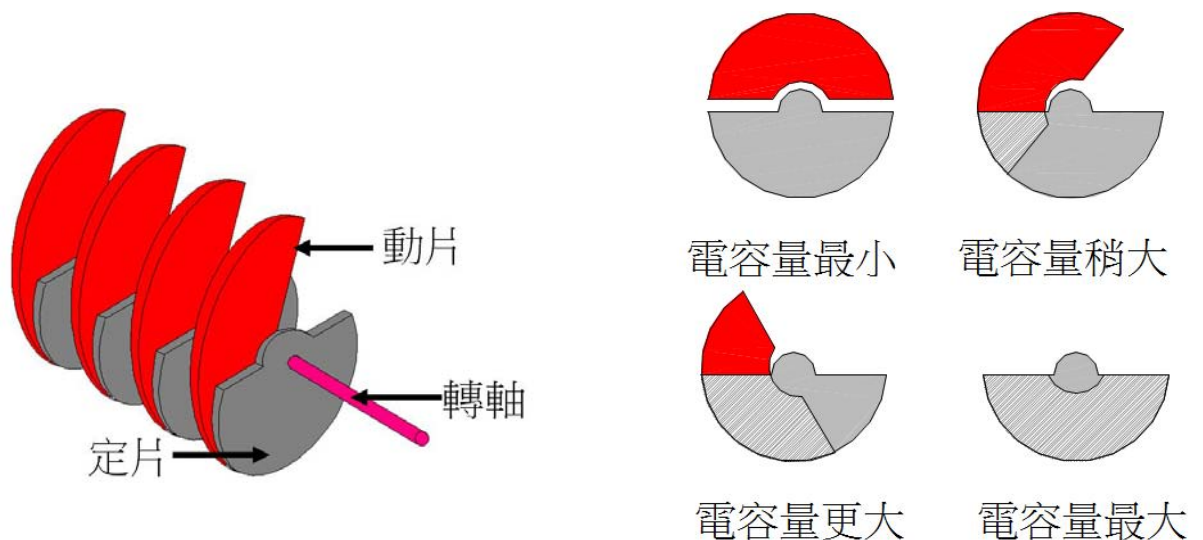
電容器還以其 介質 分類為：

空氣 電容器

以空氣分隔金屬片，常用於訊號接收的調頻電路，圖中的是一個可變電容器，當轉動軸心時，動片和定片相對的面積改變，從而改變電容的數值。

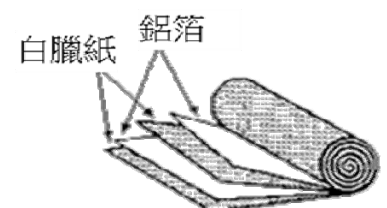


空氣可變電容結構圖



紙質 電容器

由兩塊鋁箔和兩塊白臘紙互相分隔再捲製而成。電容值約由500 pF 至 50 μ F 間, 直流工作電壓可高至600V。與其他同容值的電容器比較，紙電容器的價格較平而體形較大。



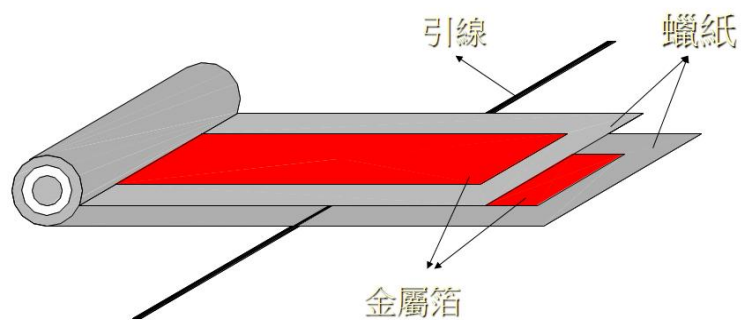
油質 電容器

在紙質電容器中灌入絕緣油，便可製成油質電容器，外形有如紙質電容器，但體形較大，電容值較高，且工作電壓也較高，外殼上通常會印有“OIL”的標記。適用於交流電路作為改善功率因數之用。



紙質及油質電容結構

用蠟紙作絕緣物質



主要特點

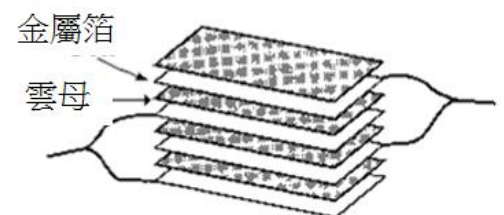
- 價格低
- 損耗大
- 體積也大

電容量範圍

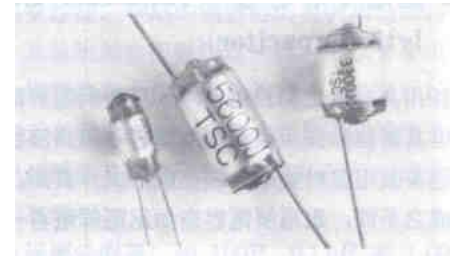
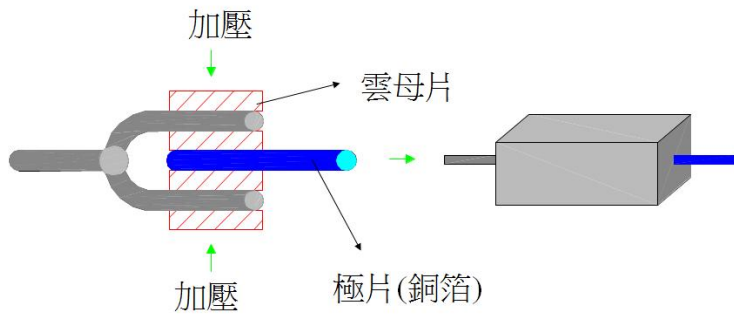
- $0.01\mu\text{F} \sim 0.1\mu\text{F}$
- 用於低頻，中頻

雲母 電容器

用雲母片作為電介質，基於雲母質薄和脆，雲母電容器是由金屬箔和雲母片分隔相疊，再以膠殼保護，外形通常是長方形。



特點是耐高溫和高壓。電容值通常低於 $0.01\mu\text{F}$ ，主要用於高壓高頻的電路。



實物圖

主要特點

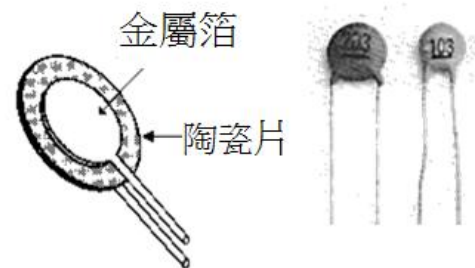
- 耐高壓及耐高溫
- 性能穩定
- 漏電小
- 損耗小
- 但容量較小

電容量範圍

- $4.7\text{pF} \sim 0.03\mu\text{F}$
- 用於中頻，高頻

陶瓷 電容

用陶瓷作為電介質，陶瓷片兩旁注上金屬箔，再以膠殼或陶瓷包裹，外形如一粒扁豆，特點是體形小、耐高溫和損耗低，常用於一般的電子電路。電容值由 1pF 至 $1\mu\text{F}$ 間，電壓可高至 1000V 。



主要特點

- 耐熱，體積小
- 性能穩定
- 漏電小
- 電容量小

電容量範圍

- $2\text{pF} \sim 0.47\mu\text{F}$
- 用於中頻至超高頻

釩固體電解質 電容

它以金屬釩及二氧化錳分別作為電容正負極。



主要特點

- 體積小，容量大
- 性能穩定，壽命長
- 溫度特性好
- 用於要求較高的電路

電容量範圍

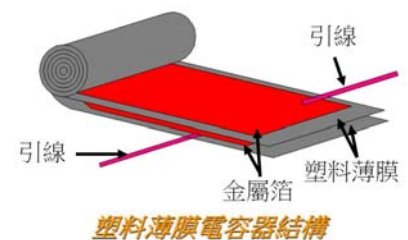
- $0.47\mu\text{F} \sim 1000\mu\text{F}$
- 用於中頻至超高頻

塑料薄膜 電容器

用塑料薄膜作為電介質的電容器，稱為塑料薄膜電容器 (polyethylene film capacitor)，它的構造和紙質電容器相同，用聚苯乙烯或聚脂薄膜等塑料代替絕緣作為電介質，如圖所示。這種電容器的特點是漏電小、損耗小、性能穩定，但由於電介質是塑料，它不能用於高溫地方。它主要用於高頻電路。



實物圖



主要特點

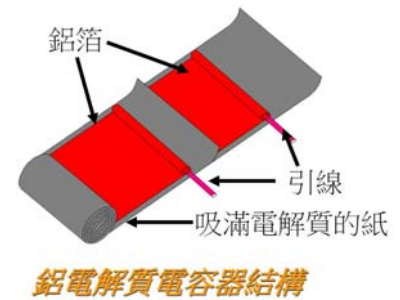
- 體積小
- 損耗小
- 漏電小
- 重量輕

電容量範圍

- $3\text{pF} \sim 1\mu\text{F}$
- 用於低頻，中頻

電解質 電容器

電解質電容器的接線腳有極性的分別。由兩塊鋁箔和兩塊吸滿電解質的紙互相分隔再捲製而成，外殼會印有指示負極或正極的箭矢或標記。有極性的分別，正確的接線法是正極接高電位，負極接低電位，若是錯接電位，電介質便遭到破壞，電容器會有爆炸的危險。適用於含有直流成分的電路，如濾波電路。電容值很高，通常由 $1\mu\text{F}$ 至 $100000\mu\text{F}$ 間。



主要特點

- 電容量大
- 有極性
- 漏電大
- 損耗大

電容量範圍

- $0.1\mu\text{F} \sim 2000\mu\text{F}$
- 用於低頻，電源濾波

電容器在電路圖中的符號



電容器



電解質電容器



可變電容器



半可變電容器

電容器的額定值

購買電容器時，應說明所需電容器的電容值和工作電壓值。電容值表示電容器的儲電能力。

電壓值表示電容器的工作電壓，當外加電壓超越工作電壓時，電容器會被擊穿。

電容 CAPACITANCE

每伏特 電壓 的儲 電量 叫做 電容 。

$$\text{電容} = \frac{\text{電量}}{\text{電壓}} \quad C = \frac{Q}{V}$$

電容的量度單位

量度單位是 法拉 Farad (F)

當電容器兩金屬片間有電壓 1 伏特 (V)，而能儲有電量 1 庫倫 (C) 時，它的電容是 1 法拉 (F)。

常用的單位有

微法拉 $1 \mu\text{F} = 1 \times 10^{-6} \text{F}$

皮法拉 $1 \text{pF} = 1 \times 10^{-12} \text{F}$

電容、電量計算

例題一

某電容器的電壓是 25V 時有電量 $0.35 \mu\text{C}$ ，計算此電容器有的電容值。

$$\begin{aligned} C &= \frac{Q}{V} = \frac{0.35 \times 10^{-6}}{25} \\ &= 0.014 \times 10^{-6} \text{F} = 0.014 \mu\text{F} \end{aligned}$$

例題二

某 $2.2 \mu\text{F}$ 的電容器，工作電壓是 16V，計算此電容器儲有的電量。

$$\begin{aligned} C &= \frac{Q}{V} & Q &= CV \\ & & &= 2.2 \times 10^{-6} \text{F} \times 16\text{V} \\ & & &= 35.2 \times 10^{-6} \text{C} = 35.2 \mu\text{C} \quad (\text{C 代表庫倫}) \end{aligned}$$

例題三

$47 \mu\text{F}$ 的電容器儲有電量 $1.8 \mu\text{C}$ ，計算此電容器的電壓。

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{1.8 \times 10^{-6} \text{ C}}{47 \times 10^{-6} \text{ F}}$$

$$= 0.038 \text{ V}$$

影響電容值的因素：

介質材料

兩金屬片相對的面積

兩金屬片相隔的距離

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{a}{d} (n - 1)$$

$C =$ 電容 (F)

$\epsilon_0 =$ 真空介電常數 8.85×10^{-12} (F/m)

$\epsilon_r =$ 相對介質系數

$a =$ 兩金屬片相對的面積 (m^2)

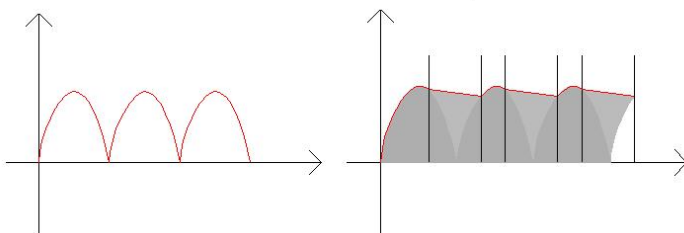
$d =$ 兩金屬片相隔的距離 (m)

(介質的厚度)

$n =$ 金屬片的數目

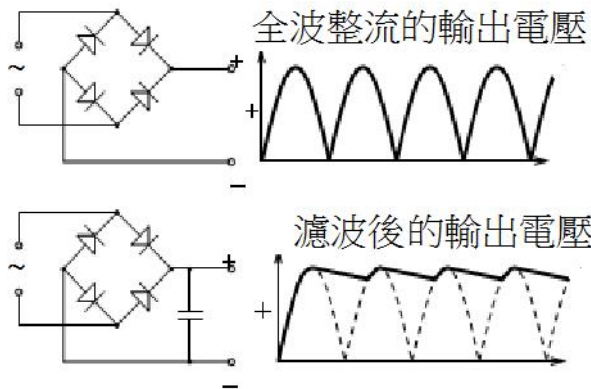
電容器的用途

1. 消除電源供應電路中的尖刺波(spike)
2. 整流電路內應用電容器作濾波
3. 改善功率因數
4. 儲存電壓



整流電路中作濾波

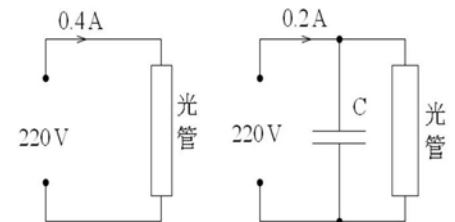
將交流電整流轉為直流電，經整流後的輸出電壓波幅會很大，若在整流電路輸出端加上一個電容器，可使輸出的直流電壓較為平滑。



電容器的應用

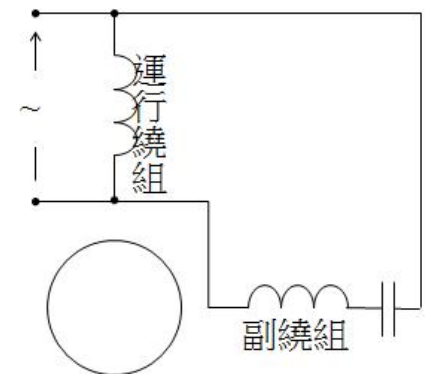
交流電路中作改善功率因數

一支 40W 光管未加電容器的電流約是 0.4A，當加有電容器後，損耗的功率降低，光管亮度不變但供電電流卻下降至約 0.2A。



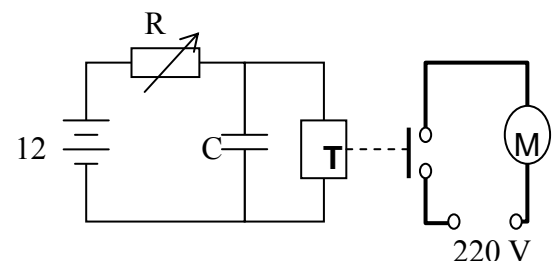
單相電動機的 起動裝置。

一般電風扇採用電容運行式電動機，電容器與其一的線圈串聯，使兩組線圈的電流有著不同的相位，從而產生旋轉磁場，推動電機運轉。當電容器燒毀時，電動機便不能自動起動。



與電阻器串聯組成時間控制電路

電容器與電阻器串聯，當接上電源時，電容器開始充電，在一定的時間後，電容電壓充至足夠推動繼電器，使繼電器動作，接上電動機的電路。





【電容電路】

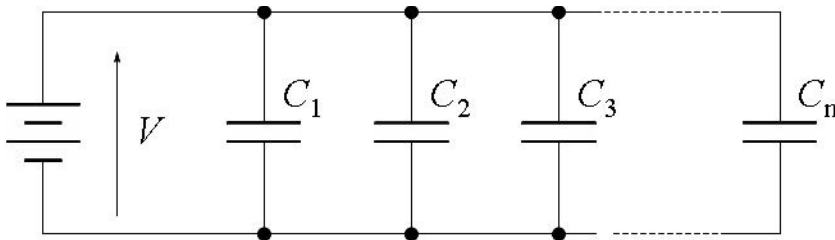
本筆記用途：

學習此單元後，學生應能

1. 計算電容器串聯連接和並聯連接時的等效電容值
2. 計算涉及兩條支路的串並聯電容題目

並聯電容電路

當電容器並聯連接時，每個電容器的電壓均相同，電容器按其電容值的大小充上不同的電量，根據公式 $Q = CV$ ，電容值越大，儲電量越多。



電容器 C_1 的電量 $Q_1 = C_1V$

電容器 C_2 的電量 $Q_2 = C_2V$

電容器 C_3 的電量 $Q_3 = C_3V$

電容器 C_n 的電量 $Q_n = C_nV$

設 $C =$ 電路的等效電容，

等效電容 $C = \frac{Q}{V}$ ，電路的總電量 $Q = CV$

以電容乘以電壓代替算式中的電量

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots + Q_n$$

$$CV = C_1V + C_2V + C_3V + \cdots + C_nV$$

$$= (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n)V$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

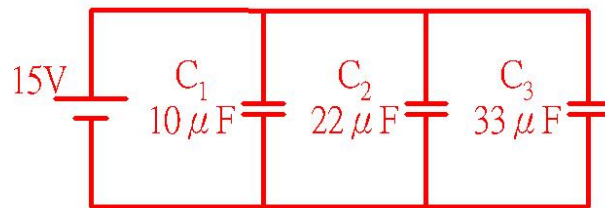
並聯電容電路，電路的總電容等於各電容器電容值的總和。

例題 四

10 μ F，22 μ F 和 33 μ F 的電容器並聯連接至 15V 的電源。

- 繪畫電路圖；
- 計算電路的等效電容值； (65 μ F)
- 計算每個電容器的電量和電路的總電量。
(150 μ C，330 μ C，495 μ C，975 μ C)

- a) 繪畫電路圖



- b) 電路的等效電容值

$$\begin{aligned} C &= C_1 + C_2 + C_3 = 10\mu\text{F} + 22\mu\text{F} + 33\mu\text{F} \\ &= 65\mu\text{F} \end{aligned}$$

- c) 每個電容器的電量

$$\begin{aligned} Q_1 &= C_1 V \\ &= 10\mu\text{F} \times 15\text{V} = 150\mu\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= C_2 V \\ &= 22\mu\text{F} \times 15\text{V} = 330\mu\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= C_3 V \\ &= 33\mu\text{F} \times 15\text{V} = 495\mu\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{電路的總電量 } Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 = 150\mu\text{C} + 330\mu\text{C} + 495\mu\text{C} \\ &= 975\mu\text{C} \end{aligned}$$

串聯電容電路

當電容器串聯連接時，每個電容器的電量均相同，電容器對電源分壓，根據公式 $V = \frac{Q}{C}$ ，電容值越大，分壓越少。

$$\begin{aligned} \text{電路的總電量 } Q &= \text{電容器 } C_1 \text{ 的電量} \\ &= \text{電容器 } C_2 \text{ 的電量} \\ &= \text{電容器 } C_3 \text{ 的電量} \\ &= \text{電容器 } C_n \text{ 的電量} \end{aligned}$$

$$\text{電路的總電壓 } V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$

$$\text{設 } C = \text{電路的等效電容，總電壓 } V = \frac{Q}{C}$$

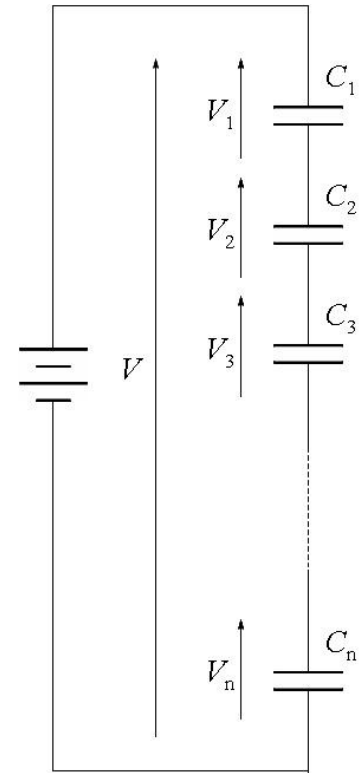
以電量除以電容代替算式中的電壓

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \cdots + \frac{Q}{C_n}$$

$$\frac{1}{C} \times Q = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n} \right) \times Q$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$



串聯電容電路，電路總電容的倒數等於各電容倒數的總和。

例題 五

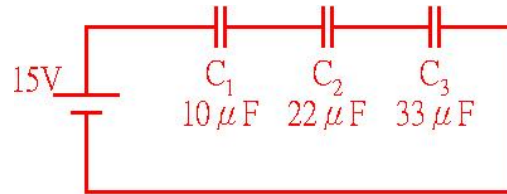
10 μ F，22 μ F 和 33 μ F 的電容器串聯連接至 15V 的電源。

- 繪畫電路圖；
- 計算電路的等效電容值； (5.69 μ F)

計算每個電容器的電量和電壓。

$$(85.4\mu\text{C}, 85.4\mu\text{C}, 85.4\mu\text{C}, 8.54\text{V}, 3.88\text{V}, 2.59\text{V})$$

a) 繪畫電路



b) 電路的等效電容值

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{10\mu F} + \frac{1}{22\mu F} + \frac{1}{33\mu F}$$

$$\frac{1}{C} = 100000 + 45454.54 + 30303.03 = 175757.57$$

$$C = 5.689 \times 10^{-6} \text{ F} = 5.69 \mu\text{F}$$

c) 每個電容器的電量

$$\begin{aligned} Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q &= CV = 5.69 \times 10^{-6} \text{ F} \times 15 \text{ V} \\ &= 85.35 \times 10^{-6} \text{ C} \\ &= 85.35 \mu\text{C} \end{aligned}$$

每個電容器的電壓

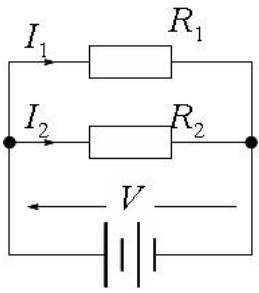
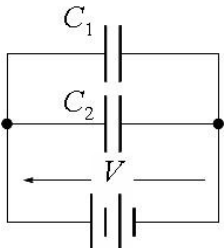
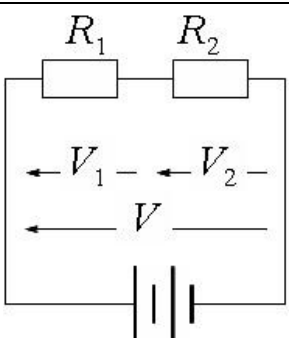
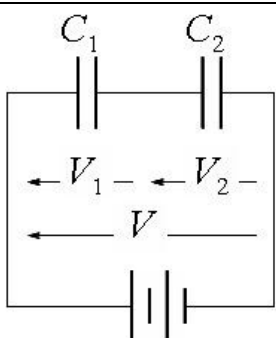
$$V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{85.35 \times 10^{-6} \text{ C}}{10 \times 10^{-6} \text{ F}} = 8.54 \text{ V}$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{85.35 \times 10^{-6} \text{ C}}{22 \times 10^{-6} \text{ F}} = 3.88 \text{ V}$$

$$V_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{85.35 \times 10^{-6} \text{ C}}{33 \times 10^{-6} \text{ F}} = 2.59 \text{ V}$$

電容電路和電阻電路的比較

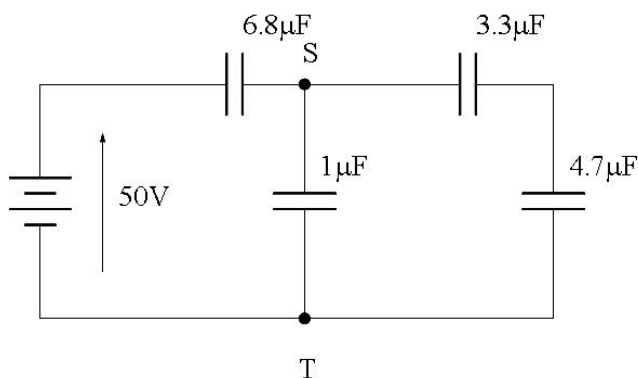
| | 電阻電路 | 電容電路 |
|------|-------------------|-------------------|
| 簡單電路 | $R = \frac{V}{I}$ | $C = \frac{Q}{V}$ |

| | | |
|-------------|---|--|
| <p>並聯電路</p> |  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ 或 } R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ $I = I_1 + I_2$ |  $C = C_1 + C_2$ $Q = Q_1 + Q_2$ |
| <p>串聯電路</p> |  $R = R_1 + R_2$ $V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V \text{ 及}$ $V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V$ |  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \text{ 或 } C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$ $V_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot V \text{ 及}$ $V_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot V$ |

串 - 並聯電容電路

例題 六

- 計算下圖電路
- 等效電容和總電量
 - 各個電容器的電量和電壓。



3.3 μF 和 4.7 μF 電容器串聯連接於 ST 兩點間，等效電容值 C_A ：

$$C_A = \frac{3.3 \times 4.7}{3.3 + 4.7} = 1.94 \mu\text{F}$$

ST 兩點間有 1 μF 的電容器和 C_A (1.94 μF) 並聯連接，ST 兩點間的電容

$$C_{ST} = 1 + 1.94 = 2.94 \mu\text{F}$$

6.8 μF 電容器和 C_{ST} (2.94 μF) 串聯於 50V 電源的接線端，電路的等效電容 (總電容)

$$C = \frac{6.8 \times 2.94}{6.8 + 2.94} = 2.05 \mu\text{F}$$

電路的總電量

$$\begin{aligned} Q &= CV = 2.05 \times 10^{-6} \times 50 \\ &= 102.5 \mu\text{C} \end{aligned}$$

因 6.8 μF 電容器和 C_{ST} 於是串聯連接，它們的電量均等於總電量 Q ，

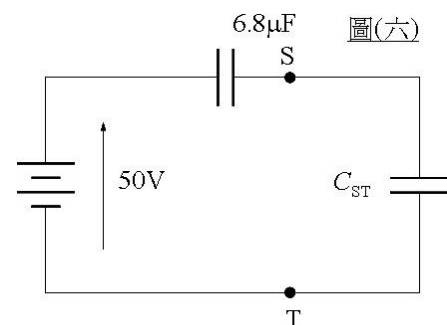
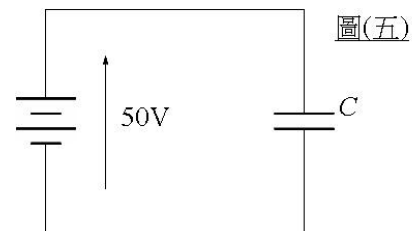
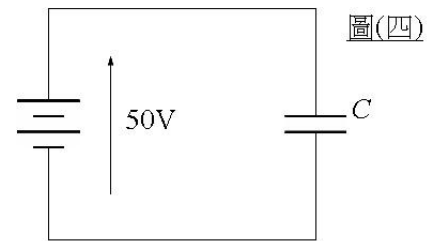
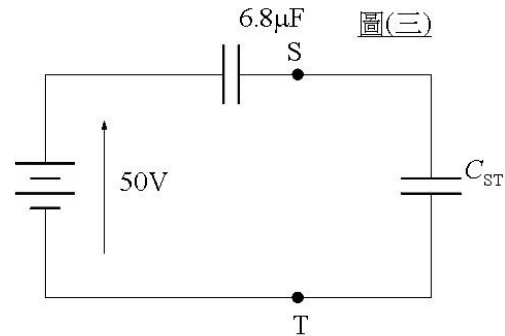
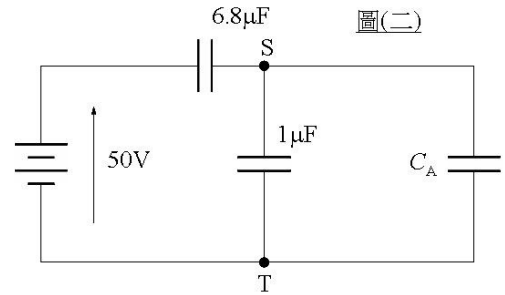
6.8 μF 電容器的電量 $Q_1 = 102.5 \mu\text{C}$

6.8 μF 電容器的電壓

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{102.5 \times 10^{-6}}{6.8 \times 10^{-6}} = 15.1\text{V}$$

C_{ST} 的電壓 = 50V - 15.1V

$$V = 34.9\text{V}$$



$1\ \mu\text{F}$ 電容器和 C_A 是並聯於 ST 兩點間，

$1\ \mu\text{F}$ 電容器的電壓 $V_2 = 34.9\text{V}$

$1\ \mu\text{F}$ 電容器的電量

$$Q_2 = 1 \times 10^{-6} \times 34.9 = 34.9\ \mu\text{C}$$

C_A 的電壓 = $34.9\ \text{V}$

C_A 的電量

$$\begin{aligned} &= 1.94 \times 10^{-6} \times 34.9 \\ &= 67.7\ \mu\text{C} \end{aligned}$$

由於 C_A 是 $3.3\ \mu\text{F}$ 和 $4.7\ \mu\text{F}$ 電容器串聯後的等效值，所以 $3.3\ \mu\text{F}$ 和 $4.7\ \mu\text{F}$ 電容器的電量均等於 C_A 的電量：

$3.3\ \mu\text{F}$ 的電量 $Q_3 = 67.7\ \mu\text{C}$

$3.3\ \mu\text{F}$ 的電壓

$$V_3 = \frac{67.7 \times 10^{-6}\text{C}}{3.3 \times 10^{-6}\text{F}} = 20.5\text{V}$$

$4.7\ \mu\text{F}$ 的電量 $Q_4 = 67.7\ \mu\text{C}$

$4.7\ \mu\text{F}$ 的電壓 $V_4 = 34.9 - 20.5$
= 14.4V

