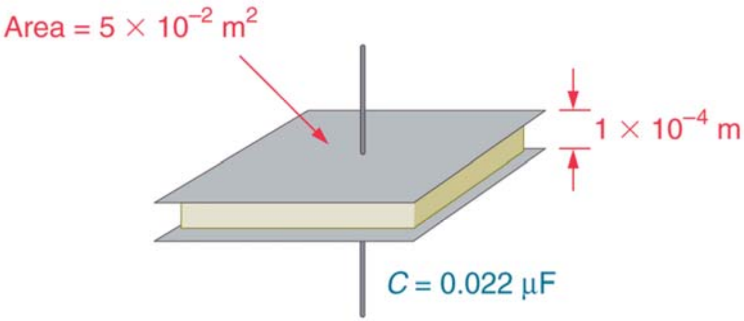
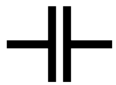
# Kondensator - Capacitor

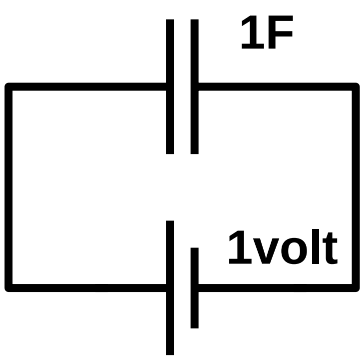



Kondensator - en komponent som kan lagre elektrisk ladning.

Symbol 

Kapasiteten ( C - capacity ) til en kondensator måles i **Farad**.

Som en teknisk definisjon kan vi si at "kapasitet" beskriver evnen komponenten har til å lagre energi. - Energi lagres i form av et elektrostatisk felt.



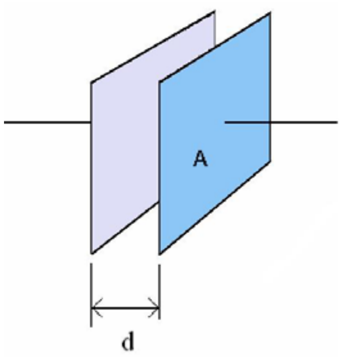

$$Kapasitet, C = \frac{ladning, Q\,(coulomb)}{spenning, V(volt)} \qquad (1)$$

En kondensator på 1 Farad kan lagre 1 coulomb ($6{,}25 \times 10^{18}$ elektroner) når spenningen mellom platene er 1 volt

Ladningen som lagres på en kondensator er proporsjonal med kapasiteten C og spenningen mellom platene

$$Q = C \cdot V$$

# Kondensator - Capacitor



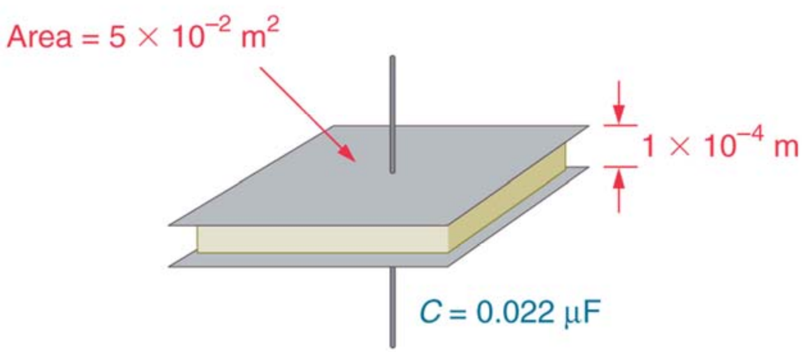

Kapasiteten C uttrykt ved fysiske parametere :

$$C = (\ 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ ) \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

C = kapasiteten i Farad
8,85 ·10-12 = permittiviteten i vakuum
A = overflaten til platene i $m^2$
d = avstanden mellom platene i meter
$\epsilon_r$ = den relative permittiviteten til dielektrikumet

$\varepsilon_r$ for noen materialer:
Luft = 1 Olje = 4
Teflon = 2 Glass = 7,5
Keramikk = 1200

Aktuelle størrelser på kondensatorer :
mikro Farad ( $\mu F = 10^{-6}$ F )
nano Farad ( $nF = 10^{-9}$ F )
pico Farad ( $pF = 10^{-12}$ F )

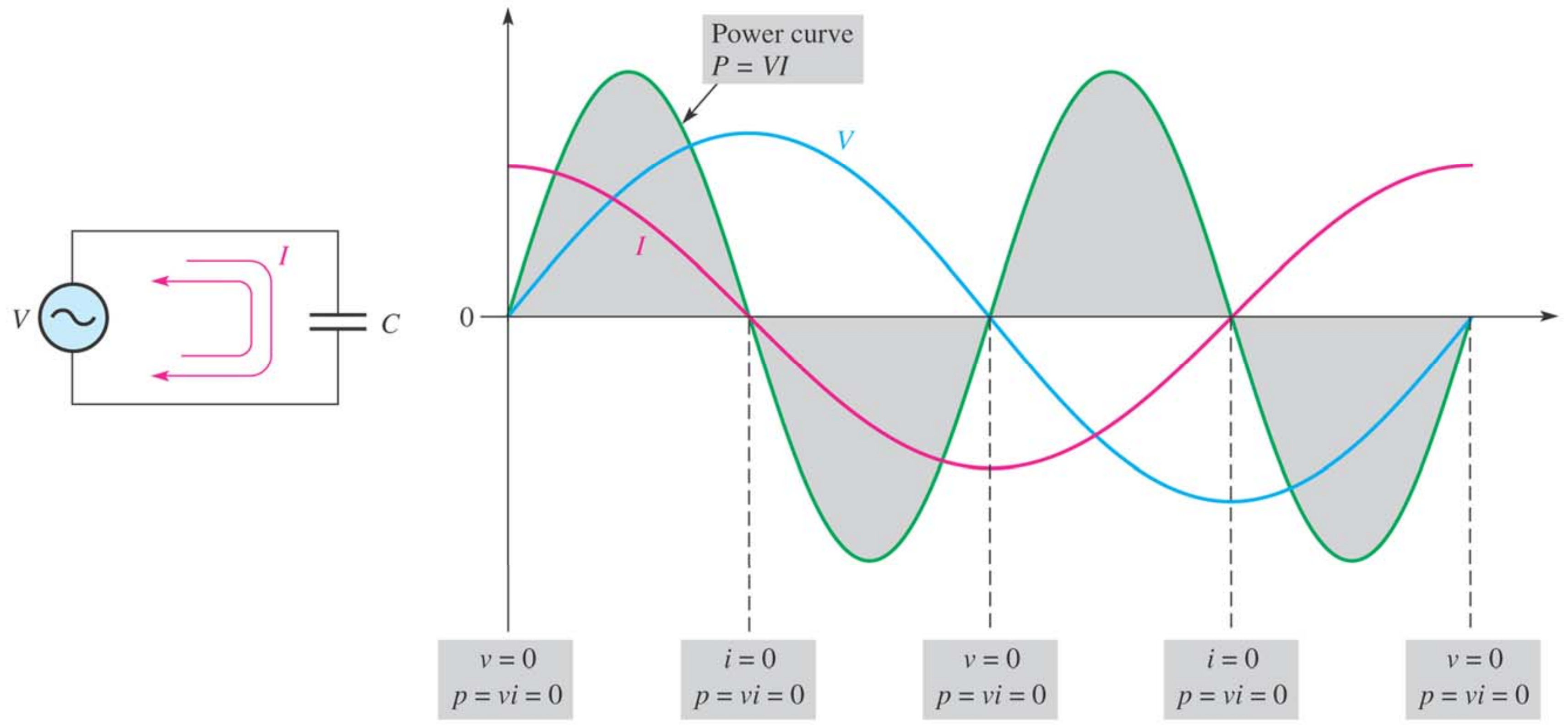


# Kondensator - Capacitor

Faseforskyvning mellom strøm og spenning på 90 grader

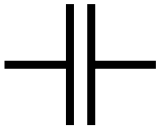
Strømmen ligger 90 grader foran spenningen

Strømmen til kondensatoren er størst når spenningen over kondensatoren er ”0” volt



# Kondensator - Capacitor

1) Kondensatorer stopper likestrøm, DC.
2) Virker som en frekvensavhengig motstand $X_C(f)$ for vekselstrøm, AC.



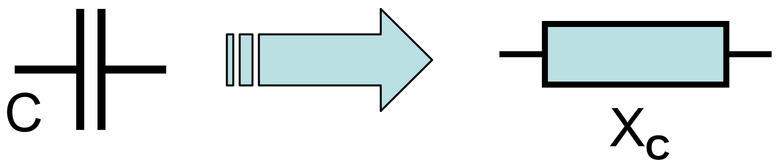
**Reaktansen** $X_C(f)$ (motstanden) til en kondensator er gitt av formelen

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad \text{(ohm)}$$

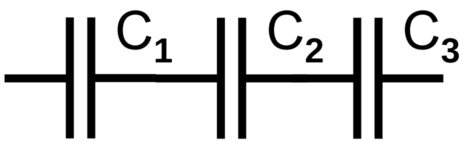
Xc avtar når frekvensen øker. Lav frekvens = stor motstand

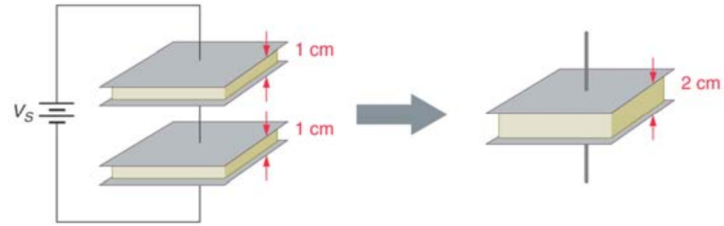
*Eks. Hvor stor er $X_C$ når C = 1µF f = 1000 Hz ( 1 kHz )*

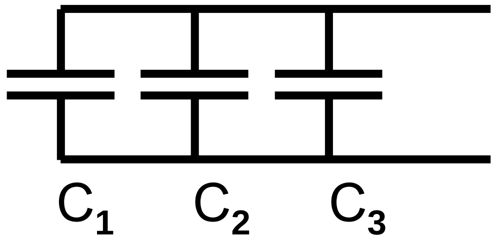
$$X_C = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = 159\,\Omega$$



# Kondensator - Capacitor



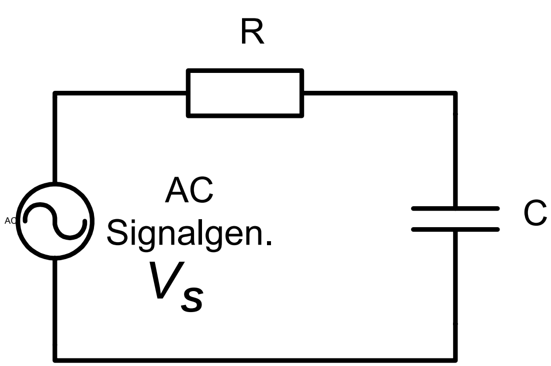




Seriekopling
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Parallellkopling
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

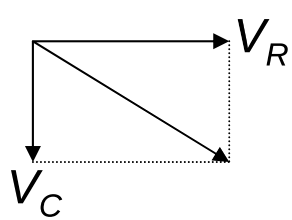
## Serie RC kretser




I en motstand R vil strømmen *I* og spenningen $V_R$ være i fase.

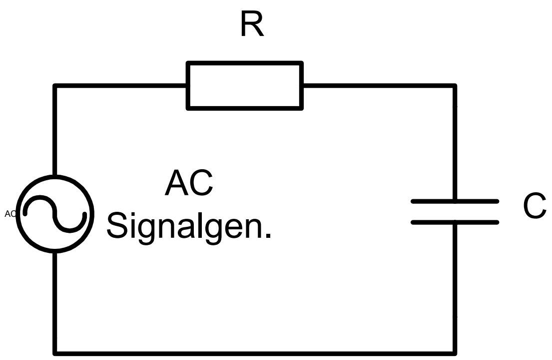
**I en kondensator vil strømmen *I* ligge 90º foran spenningen $V_C$ .**

Signalspenningen $V_S$ vil iht. Kirchhoff være summen av spenningsfallene $V_R$ og $V_C$.




$$V_S = \sqrt{V_R^{\,2} + V_C^{\,2}} \quad \text{(Pytagoras)}$$

# Serie RC kretser - Impedans (Z)




Impedansen Z (Ω) i en serie RC krets er en kombinasjon av resistansen R og den kapasitive reaktansen $X_C$.

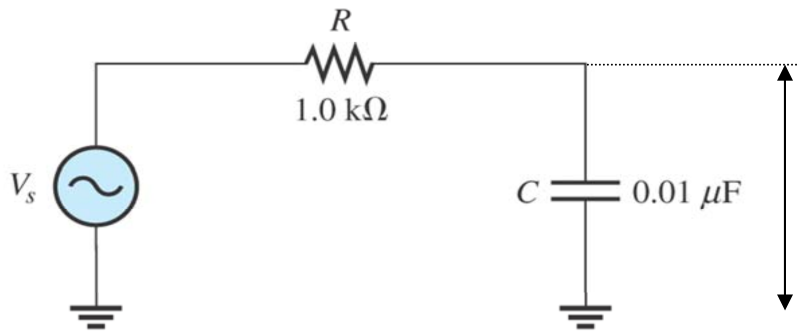
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^{\,2}}$$

**Eksempel :**
Hva blir den totale impedansen Z til en RC - seriekopling når R = 27 kΩ , C = 5 nF og frekvensen f = 1 kHz ?

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-9}} = 31{,}8\ k\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^{\,2}} = \sqrt{(27 \cdot 10^3)^2 + (31{,}8 \cdot 10^3)^2} = 41{,}7\ k\Omega$$

# Serie RC kretser  - Frekvensfilter



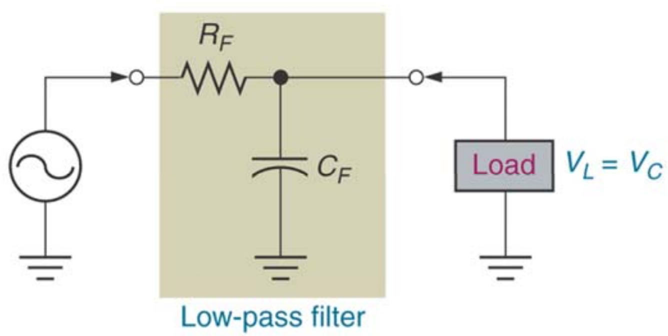

Signalspenning ut ($V_{UT}$)

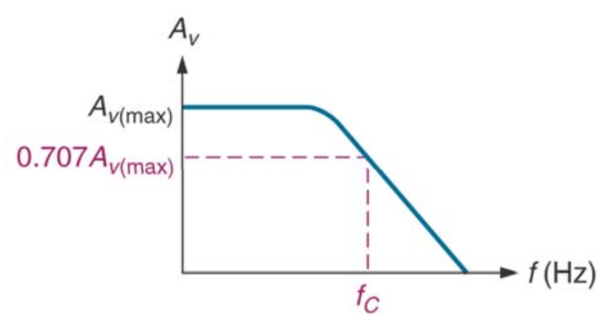
Signalspenningen $V_S$ vil deles over de to motstandene $R$ og $X_C$

Reaktansen $X_C$ (motstanden i kondensatoren) er frekvensavhengig

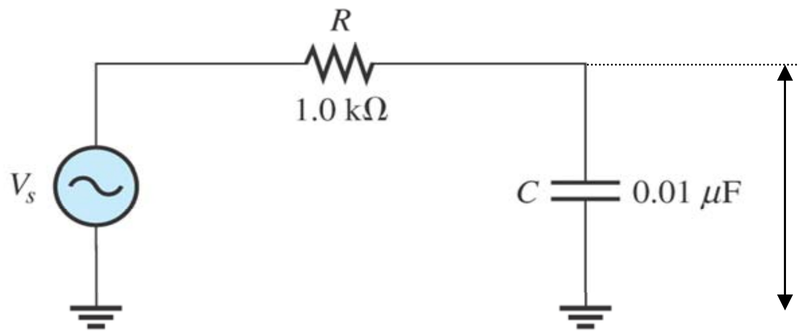
$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$X_C$ vil avta med økende frekvens. Resultatet blir at signalspenningen $V_{UT}$ avtar med frekvensen. Dette er et lavpass-filter



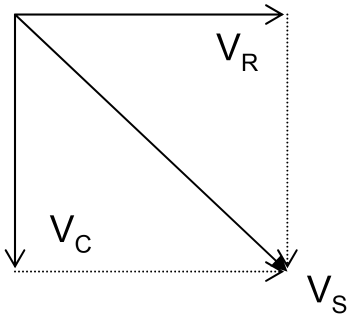



# Serie RC kretser - Frekvensfilter - grensefrekvens




Signalspenning ut ($V_{UT}$)

Den frekvensen som gir Xc = R kaller vi filtrets grensefrekvens $f_g$.
Det ligger nå like stor spenning over C og R. (- men ikke Vs/2 ! )
Husk, vi har en faseforskyvningen på $90^0$ mellom spenningene.




$V_C = V_R$ hvis $V_S$ = 1volt ser vi at

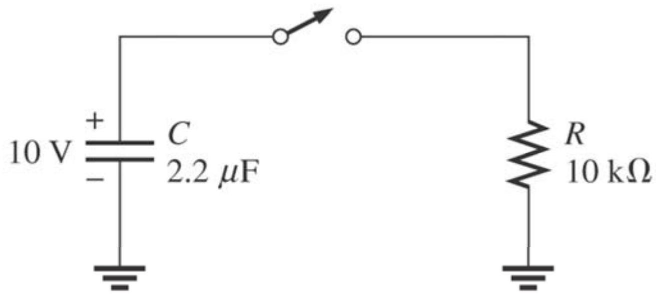
$V_C = V_R = 0{,}707\ V_S$ $\quad ( V_S^2 = V_C^2 + V_R^2 )$

Grensefrekvensen $f_g$ finner vi :

$$R = X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad \Longrightarrow \quad f_g = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

# RC kretser – tidskonstant - $\tau = RC$

Når vi lukker bryteren vil kondensatoren lade seg ut gjennom motstanden. Restspenningen over kondensatoren følger en kurve som vist i Fig.1



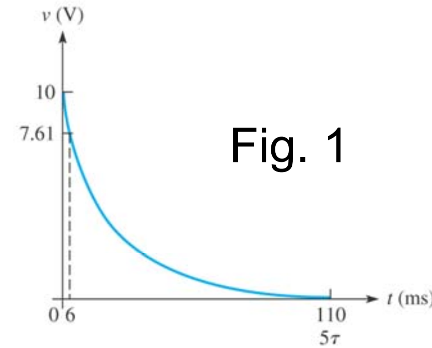
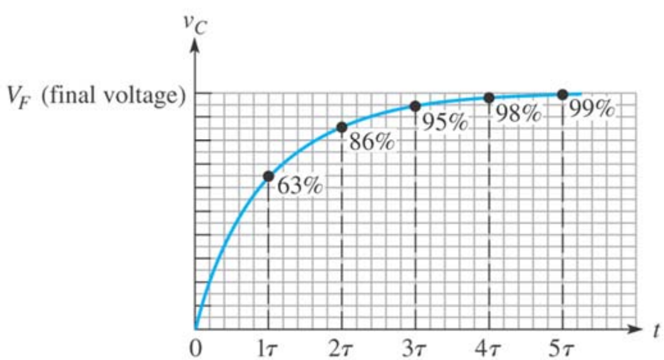
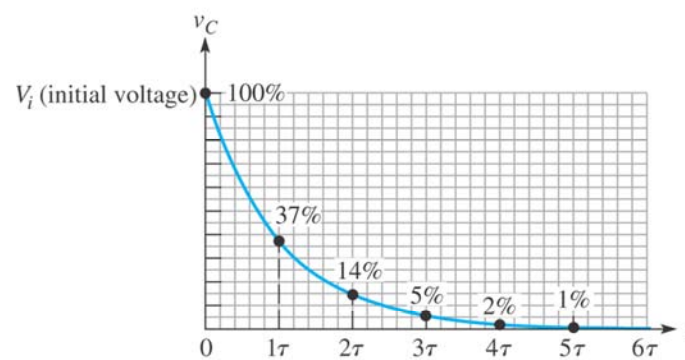




Fig. 1




(a) Charging curve with percentages of final voltage




(b) Discharging curve with percentages of initial voltage

# RC kretser – tidskonstant - $\tau$ = RC

Tidskonstanten til en serie RC-krets er tidsintervallet som er gitt av produktet R og C. Enheten er sekunder når motstanden er gitt i Ohm og kapasiteten i Farad. $\tau = RC$

I løpet av tidskonstanten vil ladningen på kondensatoren endre seg ca. 63%

Eksempel :

Tidskonstante for R = 1MΩ og C = 5μF RC = $(1 \cdot 10^{6})\,(5 \cdot 10^{-6})$ = 5 sek.

Det generelle uttrykket for spenningen til kondensatoren er gitt av uttrykket :

$$v_C(t) = V_F + (V_i - V_F)e^{-t/\tau}$$

Hvor $V_F$ er sluttverdien $V_i$ er initialverdier (startverdien). Liten $v$ er instantanverdien til spenningen over kondensatoren ved tiden $t$

# RC kretser – tidskonstant - $\tau$ = RC

Vi skal lade opp en kondensator fra startverdi 0 volt til sluttverdien $V_F$ volt. Begynner med det generelle uttrykket :

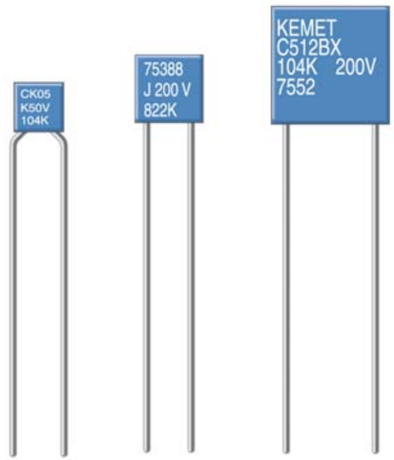
$$v_C(t) = V_F + (V_i - V_F)e^{-t/\tau}$$

$$v_C(t) = V_F + (0 - V_F)e^{-t/RC}$$

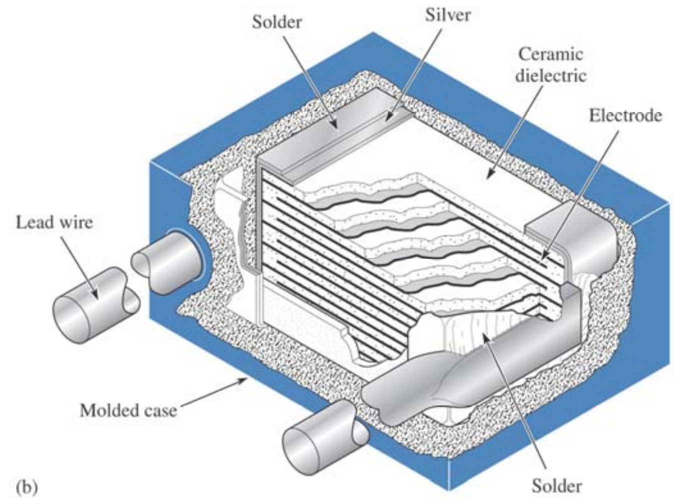
$$v_C(t) = V_F(1 - e^{-t/RC})$$

Dette uttrykket gir kondensatorspenningen *v* ved tiden *t*

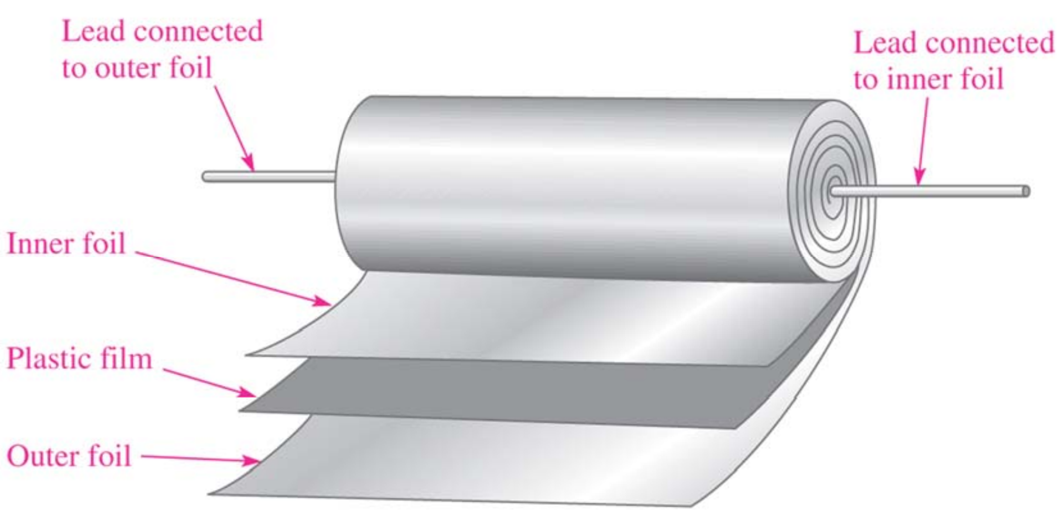
Huskeregel :
Etter tiden *5 RC* regnes kondensatoren som fult oppladet
Etter tiden *1 RC* har kondensatoren 63% av full spenningen.

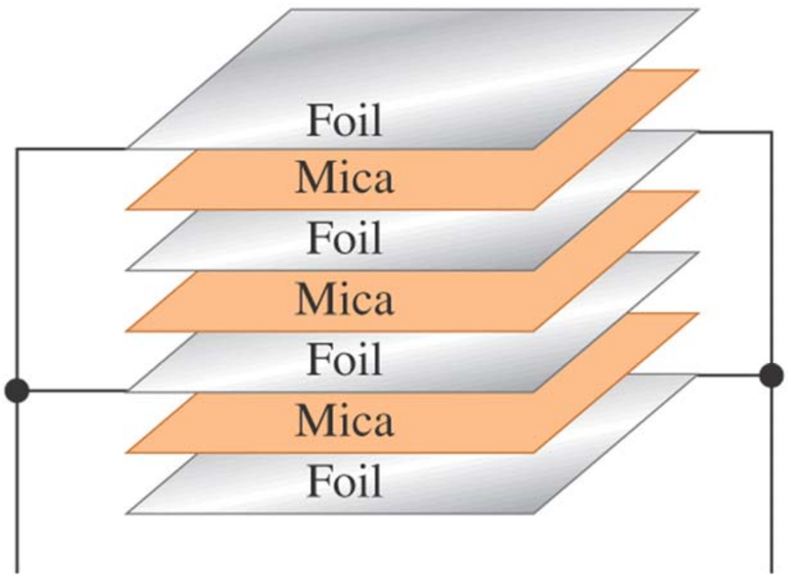

CK05
K50V
104K
75388
J 200 V
822K
KEMET
C512BX
104K 200V
7552

(a)

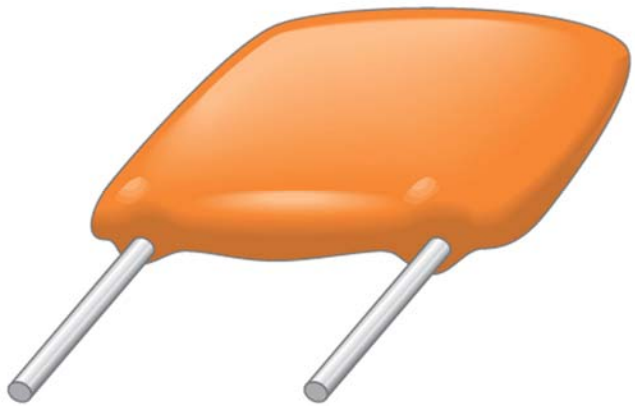

Solder
Silver
Ceramic
dielectric
Electrode
Lead wire
Molded case
Solder

(b)


Lead connected
to outer foil
Lead connected
to inner foil
Inner foil
Plastic film
Outer foil




(a) Stacked layer arrangement



(b) Layers are pressed together and encapsulated.