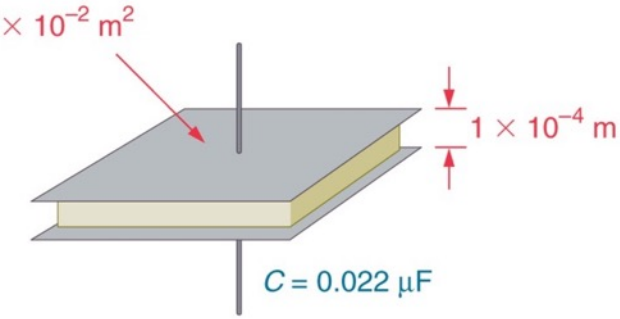
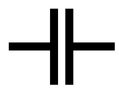
UKE 5

- Kondensatorer, kap. 12, s. 364-382
- RC – kretser, kap. 13, s. 389-413
- Frekvensfilter, kap. 15, s. 462-500 kap. 16, s. 510-528

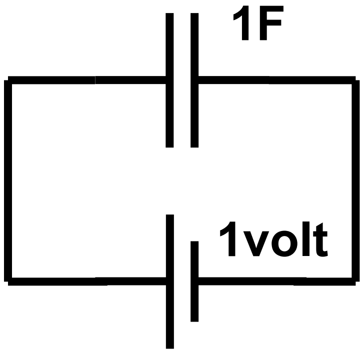
Kondensator

Kondensator (Capacitor) er 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 x 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

Spenningen over en motstand er direkte proporsjonal med strømmen

V = R · I   (ohms lov)

Spenningen over en kondensator $V = \frac{Q}{C} = \frac{1}{C}\int I\, dt$

Det betyr at spenningen over en kondensator bare kan endre seg som en tidskontinuerlig funksjon - uten sprang. Et sprang fra en spenningsverdi til en annen ville kreve en uendelig stor strøm.

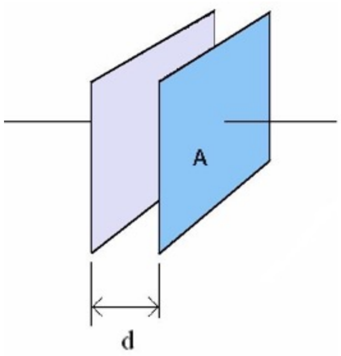
Se på $Q = C \cdot V$

Hvis vi differensierer denne får vi $\frac{dQ}{dt} = C\frac{dV}{dt}$

Ic = dQ/dt - strømmen inn til - ev. ut fra kondensatoren

$I_C = C\frac{dV}{dt}$ (Dette uttrykket trenger vi senere - når vi skal konstruere en analog integrator vha. operasjonsforsterkere)

Kondensator



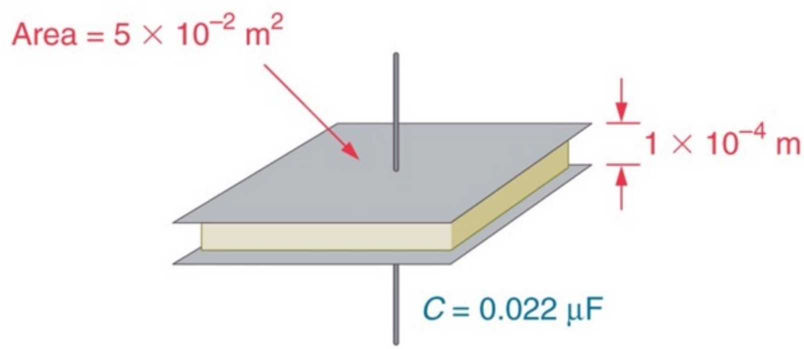
Kapasiteten C uttrykt ved fysiske parametere :

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

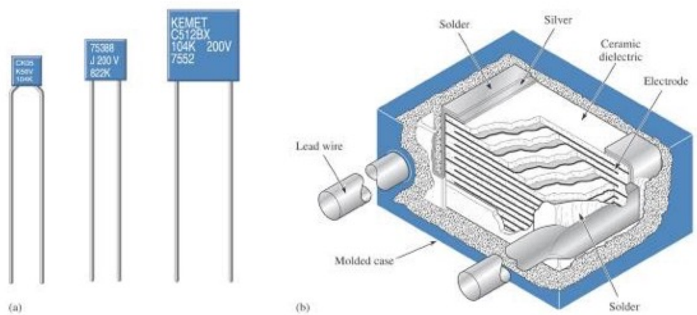
C = kapasiteten i Farad
ε_0 = 8,85 $\cdot 10^{-12}$ = permittiviteten i vakuum
ε_r = den relative permittiviteten til dielektrikumet
A = overflaten til platene i m^2
d = avstanden mellom platene i meter

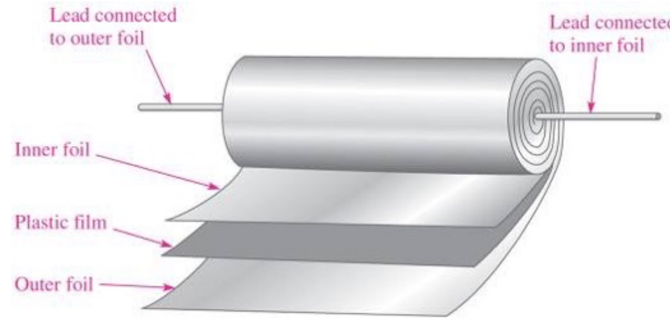
ε_r for noen materialer:
Luft = 1 Olje = 4
Teflon = 2 Glass = 7,5
Keramikk = 1200

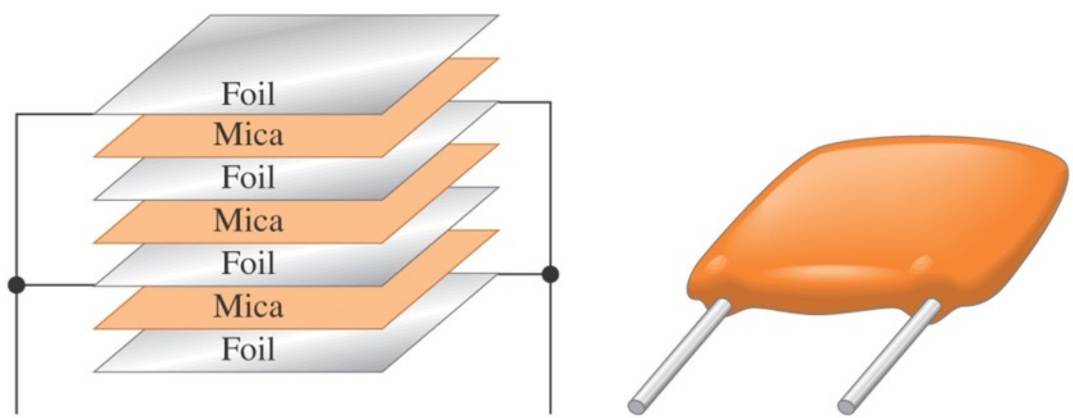
Aktuelle størrelser på kondensatorer :
mikro Farad ($\mu F = 10^{-6}$ F)
nano Farad ($nF = 10^{-9}$ F)
pico Farad ($pF = 10^{-12}$ F)



Kondensator







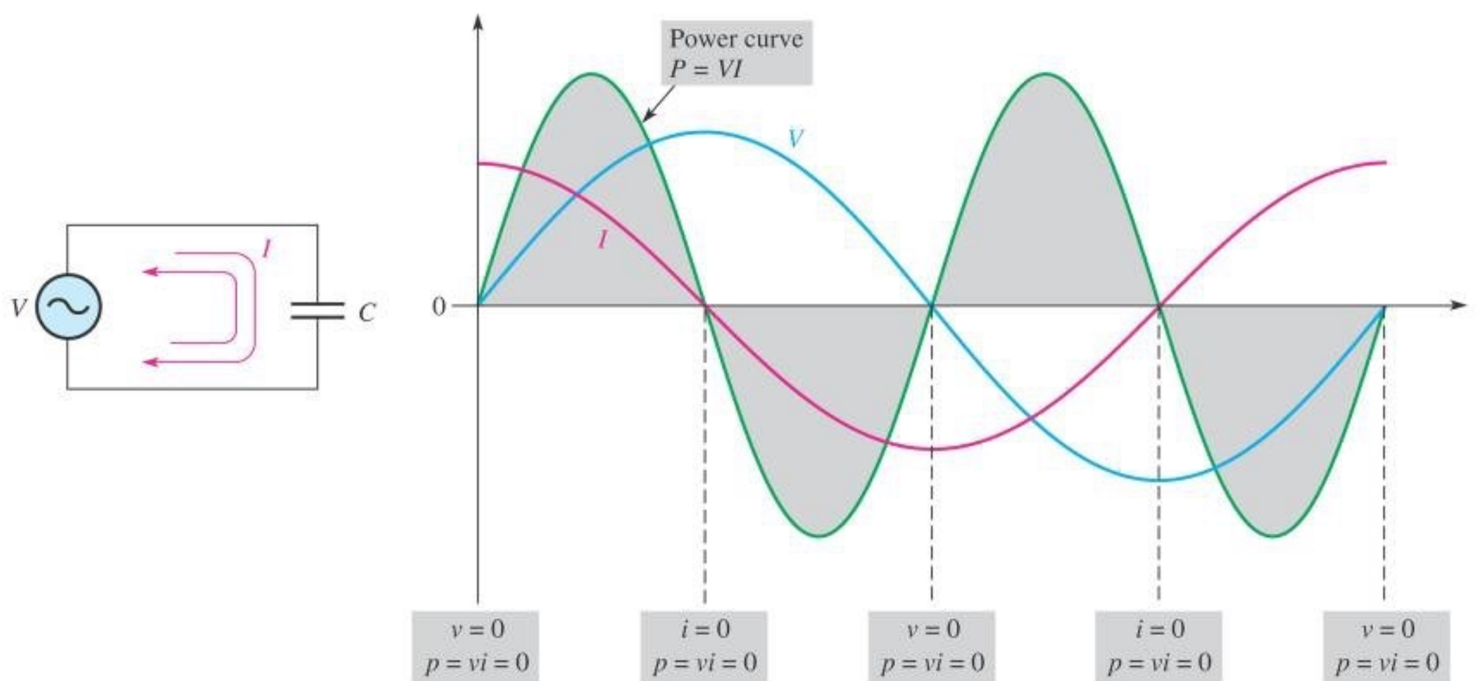
(a) Stacked layer arrangement

(b) Layers are pressed together and encapsulated.

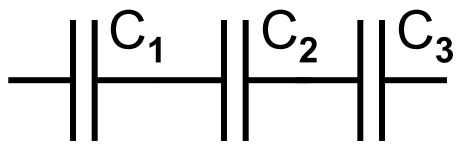
Kondensator

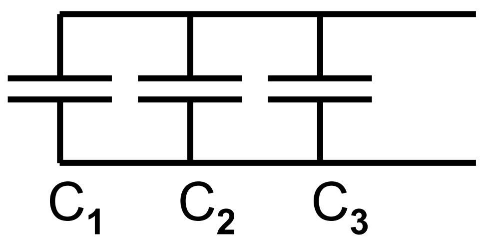
Vi kopler en vekselspenningsgenerator inn på en kondensator – se figur.
Strømmen ligger 90 grader foran spenningen

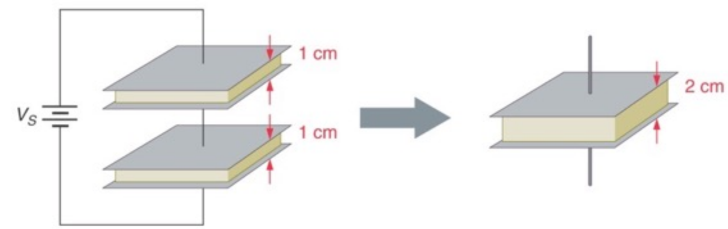
Strømmen til kondensatoren er størst når spenningen over kondensatoren er "0" volt



Kondensator



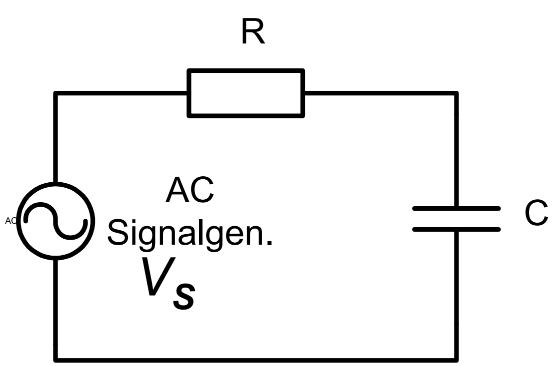




Seriekopling $$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

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

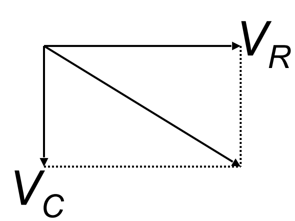
Serie RC kretser



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

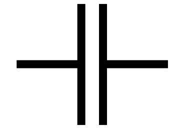
I en kondensator vil strømmen I ligge 90° foran spenningen V_C .

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



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

Kondensator



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

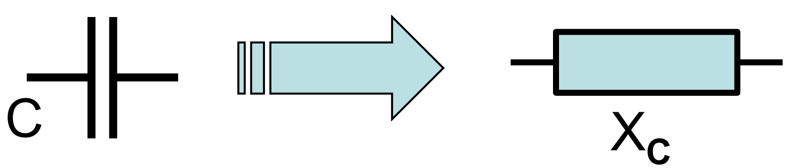
Reaktansen $X_C(\, f\,)$ (motstanden) til en kondensator er gitt av formelen

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

Xc avtar når frekvensen øker. Lav frekvens = stor motstand

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

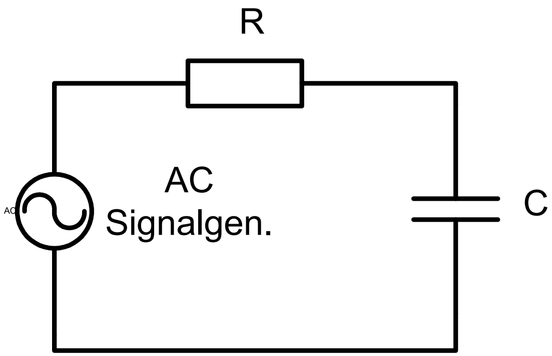
$$X_C = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = 159\ \Omega$$



For AC- signaler kan vi erstatte kondensatorsymbolet med en motstand X_C

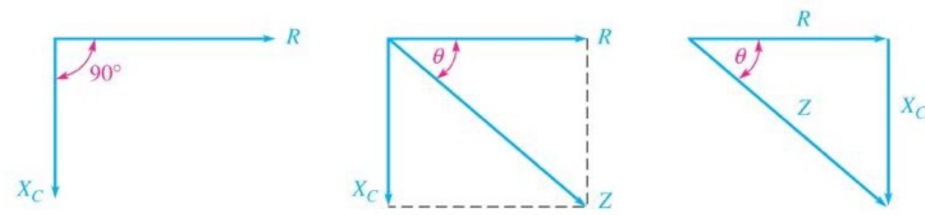
Serie RC kretser

- Impedans (Z)



I en serie RC - krets må den totale impedansen være vektorsummen av R og jX_C

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C{}^2} \qquad tg(\theta) = \frac{X_C}{R}$$



(a) (b) (c)

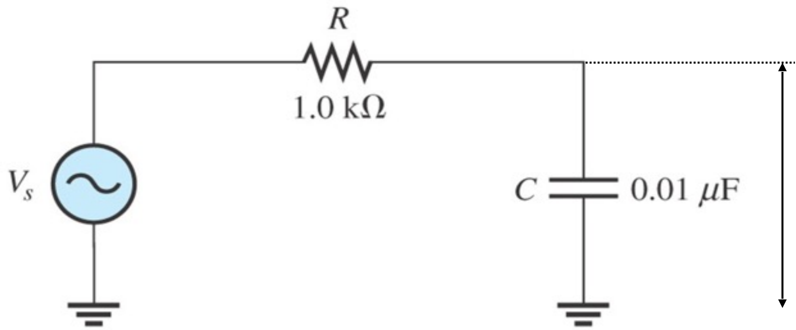
Eksempel :

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

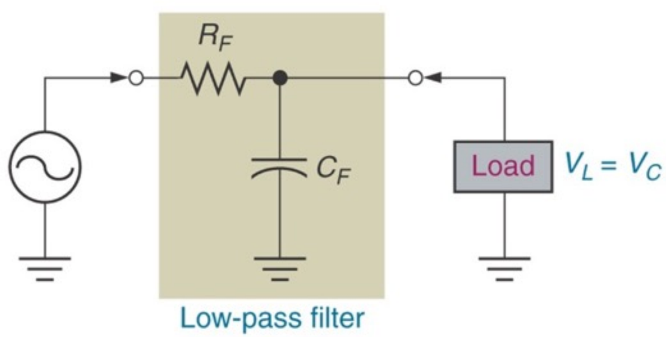


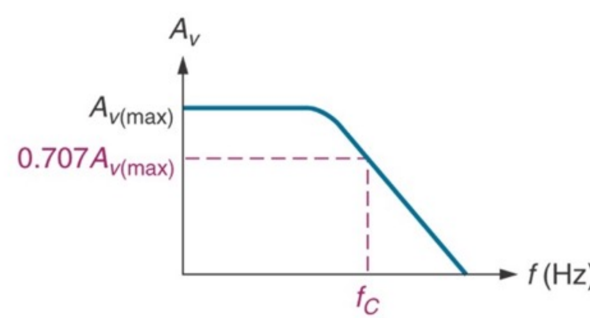
Signalspenningen V_S vil deles over de to motstandene R og X_C

Reaktansen X_C (motstanden i kondensatoren) er frekvensavhengig

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

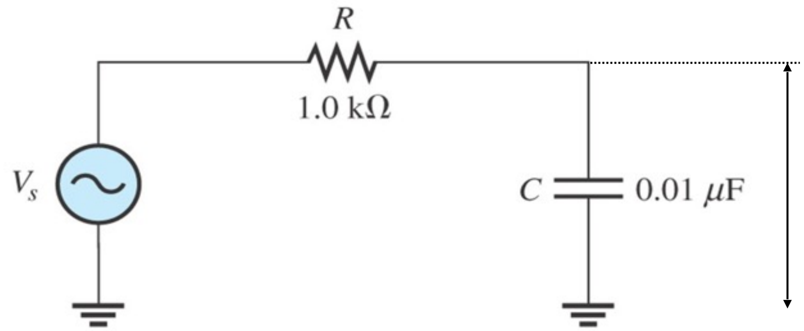
X_C vil avta med økende frekvens. Resultatet blir at signalspenningen V_{UT} avtar med frekvensen.
Dette er et lavpass-filter





Serie RC kretser

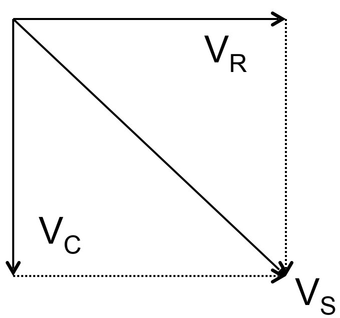
- Frekvensfilter og grensefrekvens



Signalspenning ut (V_{out})

$$V_{out} = \left(\frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}\right) V_{in}$$

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

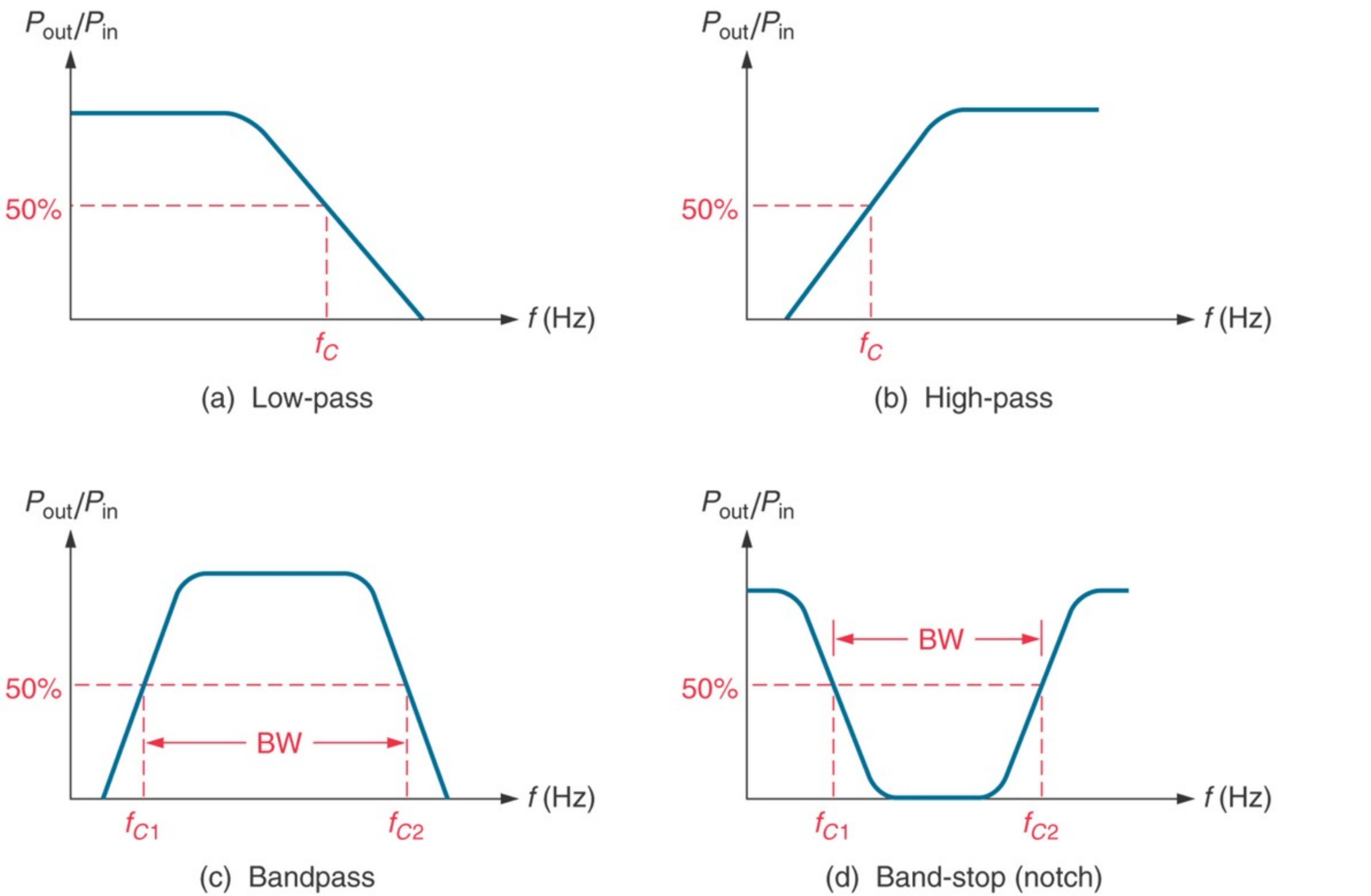
$$V_C = V_R = \frac{1}{\sqrt{2}} V_S = 0.707 \cdot V_S$$

Grensefrekvensen f_g :

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

Serie RC kretser

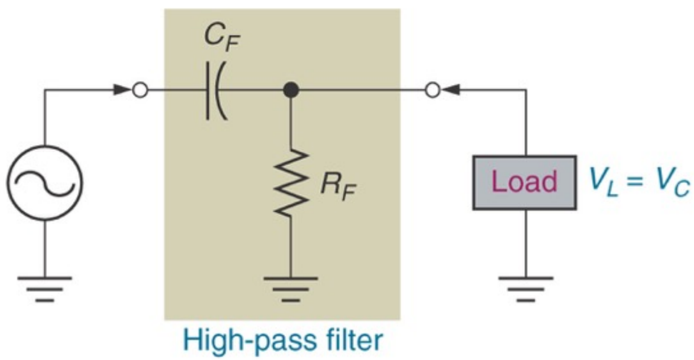
- Frekvensfilter

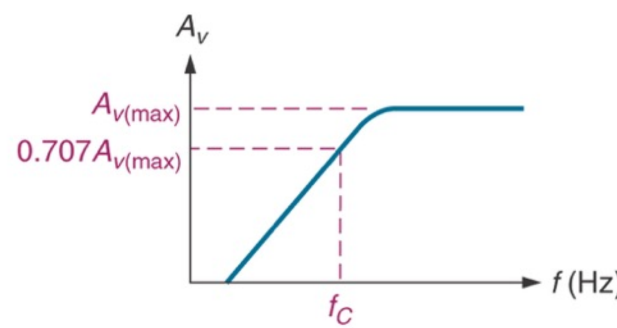


Serie RC kretser

- Frekvensfilter høypass

Signalspenningen V_S vil deles over de to motstandene R og X_C





Reaktansen X_C (motstanden i kondensatoren) er frekvensavhengig

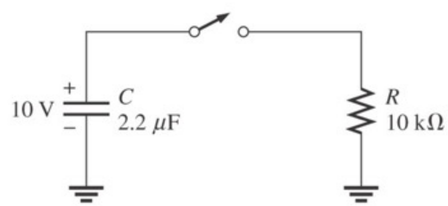
$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

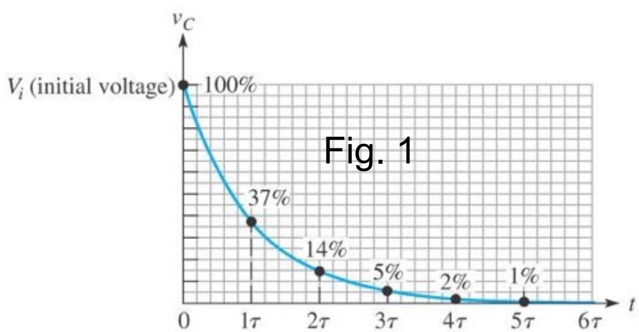
X_C vil avta med økende frekvens. Resultatet blir at signalspenningen V_{UT} øker med frekvensen.

RC kretser

– tidskonstant - τ = RC

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





(b) Discharging curve with percentages of initial voltage

Vi bruker Kirchhoffs lov om spenninger i en lukket sløyfe:

$$i \cdot R + v = 0$$

Spenningen over motstanden R må være lik restspenningen V over kondensatoren C

Strømmen er definert som $i = C\dfrac{dv}{dt}$

Vi får :

$$C \cdot R \cdot \frac{dv}{dt} + v = 0$$

Vi løser denne likningen – V_i er spenningen på kondensatoren før bryteren lukkes :

$$v_C(t) = V_i \cdot e^{-t/RC} = V_i \cdot e^{-t/\tau}$$

Vi kaller τ tidskonstanten = RC Kondensatoren lader seg ut til 37% av initialverdien V_i i løpet av en tidskonstant. Vi regner kondensatoren som utladet etter 5 RC (1 %)

RC kretser
– tidskonstant - τ = 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. $\boxed{\tau = R \cdot C}$

I løpet av tidskonstanten vil ladningen på kondensatoren endre seg ca. 63%
Etter tiden 5 RC regnes kondensatoren som fult opp / ut -ladet

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

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

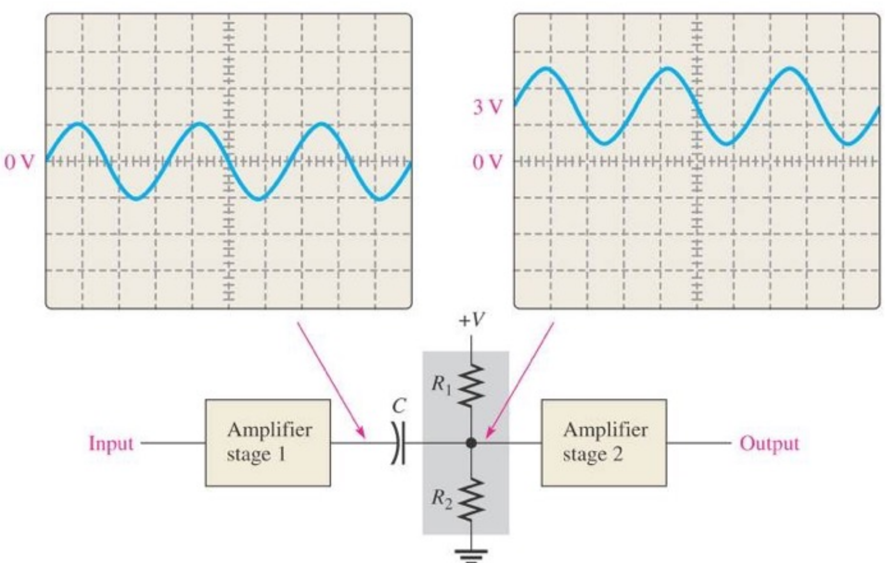
$$v_C(t) = V_F + (V_i - V_F)e^{-t/\tau}$$

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

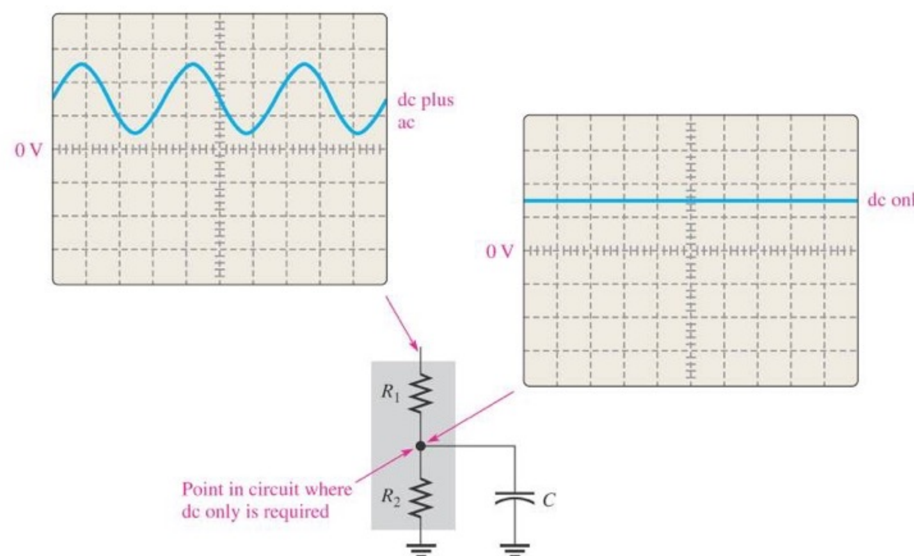
RC kretser
– Kondensator

Hvor og hvordan bruker vi kondensatorer ?

Kondensator stopper DC
– slipper AC-signaler igjennom



Kondensator kan brukes som filter
- fjerne AC-signaler fra en DC-spenning



END C