

RC-led 1

Indholdsfortegnelse

- 1.0 RC-serieled, side 2
- 1.1 Fasedrejning, side 5
- 1.2 Eksempel 1 og 2, side 6
- 1.3 Facitliste til eksempel 1 og 2, side 7

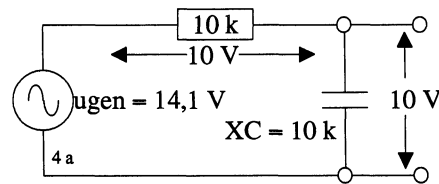
- 2.0 RC LP-led, side 8
- 2.1 Eksempel 3, side 9
- 2.2 Facitliste til eksempel 3, side 10

- 3.0 LP-led, side 12
- 3.1 Facitliste til lavpasled, side 14

- 4.0 Opgaver, side 15

- 5.0 Facitliste til opgaver, side 17

1.0 RC-serieled



Tegningen viser et RC-serieled. u_R er målt til 10 V , u_C er målt til 10 V , og generatorspændingen er målt til $14,1 \text{ V}$.

Den samlede vekselstrømsmodstand i leddet kaldes en impedans og benævnes med Z .

Impedansen består af en reaktans X_C og modstand R .

Når impedansen skal beregnes, kan R og X_C ikke lægges sammen.

I en serieforbindelse af en kondensator og en modstand, er det nødvendigt at tage hensyn til, at der er en fasedrejning mellem strøm og spænding i kondensatoren.

Derfor skal der bruges et vektordiagram.

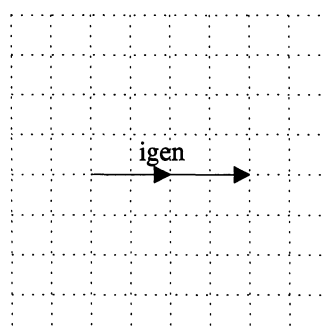
På vektordiagrammet skal du vise, hvordan u_R , u_C og u_{gen} skal placeres, når strømmen i generatoren ligger som vist på tegningen herunder.

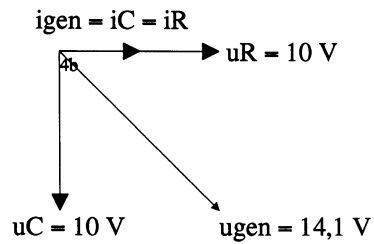
NB. Strømmen er ens overalt i en seriekreds.

Hvor stor er u_R , og hvor ligger den?

Hvor stor er u_C , og hvor ligger den?

Hvor stor er u_{gen} , og hvor ligger den?





I en kondensator er strømmen 90° før spændingen. Da det er et serieled, er det strømmen der er fælles for de to komponenter. Derfor tegnes strømmen på den vandrette akse.

Spændingen over modstanden er i fase med strømmen, så derfor tegnes den også på den vandrette akse.

Spændingen over kondensatoren er 90° efter strømmen, derfor tegnes den nedad.

I det viste eksempel er $X_C = R$. Derfor er $u_C = u_R$.

Når u_R og R kendes, kan strømmen beregnes.

Hvor stor bliver strømmen i kredsløbet?

$$i_R = i_C = i_{gen} = \frac{u_R}{R} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ k}} = \underline{1 \text{ mA}}$$

Generatorspændingen er målt til 14,1 V.

Hvordan beregnes u_{gen} når man kender u_R og u_C ?

$$u_{gen} = \underline{\hspace{15em}}$$

På vektordiagrammet ses at u_R og u_C er faseforskudt 90° . Derfor er det nødvendigt at bruge Pythagoras.

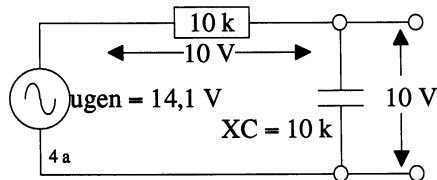
$$u_{gen} = \sqrt{u_R^2 + u_C^2}$$

$$u_{gen} = \sqrt{10\text{V}^2 + 10\text{V}^2} = \underline{14,1 \text{ V}}$$

Ved at omskrive formlen kan u_R eller u_C findes.

$$u_R = \sqrt{u_{\text{gen}}^2 - u_C^2}$$

$$u_C = \sqrt{u_{\text{gen}}^2 - u_R^2}$$



Hvor stor er den samlede impedans i kredsløbet, når X_C er $10 \text{ k}\Omega$, og R er $10 \text{ k}\Omega$?

$Z =$ _____

Når man skal finde den samlede impedans i kredsløbet, gøres det på følgende måde.

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

$$Z = \sqrt{10\text{k}^2 + 10\text{k}^2} = \underline{\underline{14,1\text{k}\Omega}}$$

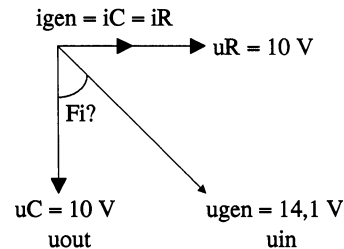
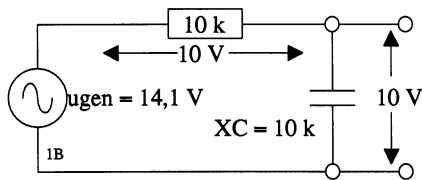
Ved at omskrive formlen findes R eller X_C .

$$R = \sqrt{Z^2 - X_C^2}$$

$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

1.1 Fasedrejning

Når man taler om fasedrejningen i et RC-led, er det faseforholdet mellem ind- og udgangsspændingen man ønsker at finde.



Vinklen kaldes F_i og benævnes θ .

$$\theta = \arccos \frac{u_C}{u_{in}} = \arcsin \frac{u_R}{u_{in}} = \arctg \frac{u_R}{u_C}$$

Hvor stor er fasedrejningen når $u_C = 10 \text{ V}$, og $u_{in} = 14,1 \text{ V}$?

$$\theta = \arccos \frac{u_{out}}{u_{in}} = \arccos \frac{10 \text{ V}}{14,1 \text{ V}}$$

$$\theta = \arccos 709,2 \text{ m} = \underline{44,8^\circ} \sim \underline{45^\circ}$$

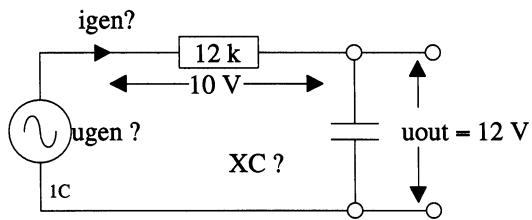
$$\theta = \arcsin \frac{u_R}{u_{in}} = \arcsin \frac{10 \text{ V}}{14,1 \text{ V}}$$

$$\theta = \arcsin 709,2 \text{ m} = \underline{45,2^\circ} \sim \underline{45^\circ}$$

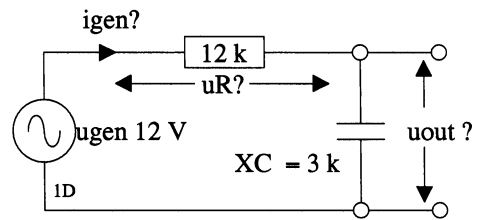
$$\theta = \arctg \frac{u_R}{u_{out}} = \arctg \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ V}}$$

$$\theta = \arctg 1 = \underline{45^\circ}$$

1.2 Eksempel 1 og 2



Eksempel 1



Eksempel 2

Beregn følgende for de viste led.

Eksempel 1

i_{gen} er ca. _____

X_C er ca. _____

Z er ca. _____

u_{gen} er ca. _____

θ er ca. _____

Eksempel 2

Z er ca. _____

i_{gen} er ca. _____

u_R er ca. _____

u_{out} er ca. _____

θ er ca. _____

1.3 Facitliste til eksempel 1 og 2

Eksempel 1

$$i_{gen} = i_R = \frac{u_R}{R} = \frac{10 \text{ V}}{12 \text{ k}} = \underline{833 \mu\text{A}}$$

$$X_C = \frac{u_C}{i_C} = \frac{12 \text{ V}}{833 \mu\text{A}} = \underline{14.4 \text{ k}\Omega}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{12\text{k}^2 + 14.4\text{k}^2} = \underline{18.7 \text{ k}\Omega}$$

$$u_{gen} = \sqrt{u_R^2 + u_C^2} = \sqrt{10\text{V}^2 + 12\text{V}^2} = \underline{15.6 \text{ V}}$$

$$\theta = \arctan \frac{u_R}{u_{out}} = \arctan \frac{10 \text{ V}}{12 \text{ V}} = \underline{39.8^\circ}$$

Eksempel 2

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{12\text{k}^2 + 3\text{k}^2} = \underline{12.4 \text{ k}\Omega}$$

$$i_{gen} = \frac{u_{gen}}{Z} = \frac{12 \text{ V}}{12.4 \text{ k}} = \underline{968 \mu\text{A}}$$

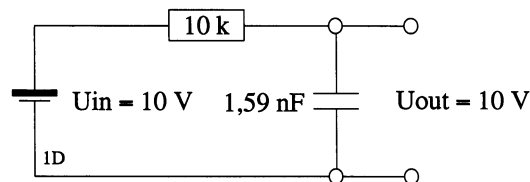
$$u_R = R \times i_{gen} = 12 \text{ k}\Omega \times 968 \mu\text{A} = \underline{11.6 \text{ V}}$$

$$u_{out} = X_C \times i_{gen} = 3 \text{ k}\Omega \times 968 \mu\text{A} = \underline{2.9 \text{ V}}$$

$$\theta = \arctan \frac{u_R}{u_{out}} = \arctan \frac{11.6 \text{ V}}{2.9 \text{ V}} = \underline{79.6^\circ}$$

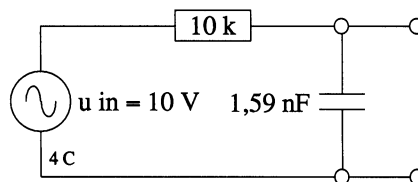
2.0 RC LP-led

Har man et RC-led, skal man kunne afgøre, om der er tale om et HP-led eller et LP-led.



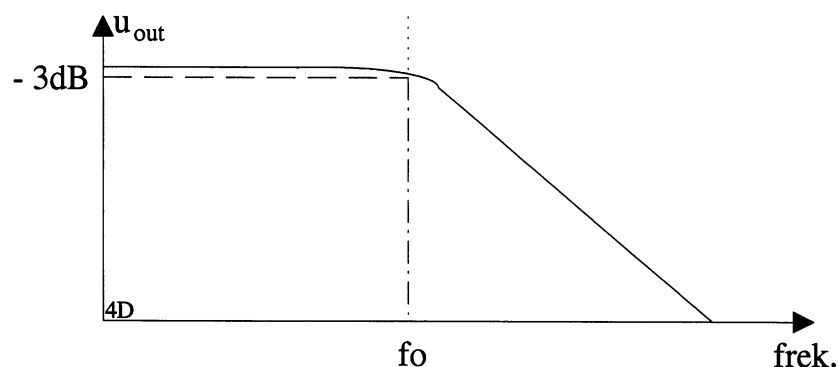
Hvis man starter med at tilføre en DC spænding til ledet, vil kondensatoren virke som en afbrydelse. Udgangsspændingen vil derfor være lig med indgangsspændingen.

Ændres frekvensen vil kondensatorens reaktans falde, og udgangsspændingen vil falde.

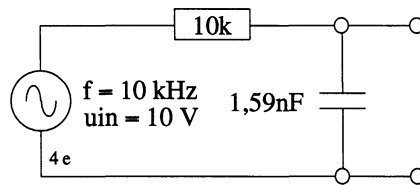


Ved den frekvens hvor $X_C = R$, findes overgangsfrekvensen = f_0 . Her er udgangsspændingen faldet 3dB.

Inden overgangsfrekvensen falder udgangsspændingen kun lidt. Efter overgangsfrekvensen falder den med 6dB/oktav eller 20dB/dekade.



2.1 Eksempel 3



Beregn følgende for det viste RC-led.

f_0 er ca. _____

Z ved f_0 er ca. _____

igen er ca. _____

u_C er ca. _____

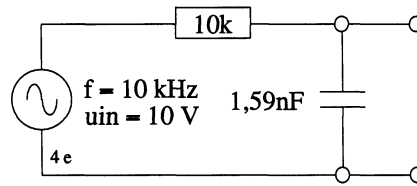
u_R er ca. _____

θ er ca. _____

Dæmpningen i gange er ca. _____

Dæmpningen i dB er ca. _____

2.2 Facitliste til eksempel 3



Overgangsfrekvensen beregnes. Det er den frekvens hvor $XC = R$.

Man går ud fra grundformlen for en kondensator.

$$XC = \frac{1}{2\pi \times f \times C}$$

XC erstattes af R , og f erstattes af f_0 .

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \times R \times C}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \times 10\text{ k} \times 159\text{ nF}} = \underline{10\text{ kHz}}$$

Nu kan den samlede impedans ved f_0 findes.

$$Z = \sqrt{R^2 + XC^2} = \sqrt{10\text{k}^2 + 10\text{k}^2} = \underline{14,14\text{ k}\Omega}$$

Strømmen i kredsløbet kan nu beregnes.

$$i_{\text{gen}} = i_R = i_C = \frac{u_{\text{gen}}}{Z} = \frac{10\text{ V}}{14,14\text{ k}} = \underline{707\ \mu\text{A}}$$

Når man kender strømmen i kredsløbet, kan spændingen over de enkelte komponenter findes.

Ved f_0 er $XC = R$. Derfor er spændingen over kondensatoren lig med spændingen over modstanden.

$$u_C = u_R = iZ \times R$$

$$u_C = u_R = 707\ \mu \times 10\text{k} = \underline{7,07\text{ v} \sim 7,1\text{ v}}$$

Kender man u_{in} og u_C , kan fasedrejningen findes.

$$\theta = \arccos \frac{u_C}{u_{in}} = \arccos \frac{7,07 \text{ V}}{10 \text{ V}}$$

$$\theta = \arccos 707 \text{ m} = \underline{45^\circ}$$

Når dæmpningen skal beregnes, er det u_{in} i forhold til u_{out} .

$$\text{Dæmpningen i gange} = \frac{u_{in}}{u_{out}} = \frac{10 \text{ V}}{7,07 \text{ V}} = \underline{1,41 \text{ gange.}}$$

$$\text{Dæmpningen i dB} = 20 \times \log \left(\frac{u_{in}}{u_{out}} \right)$$

$$\text{Dæmpningen i dB} = 20 \times \log \left(\frac{10 \text{ V}}{7,07 \text{ V}} \right) = \underline{3,0 \text{ dB}}$$

Kender man XC og den samlede impedans i et RC-led, kan R beregnes.

Man går ud fra grundformlen, og omskriver den.

$$Z = \sqrt{R^2 + XC^2}, \quad \text{det medfører at}$$

$$XC = \sqrt{Z^2 - R^2}. \quad \text{Her er det}$$

$$XC = \sqrt{14,14 \text{ k}^2 - 10 \text{ k}^2} = \underline{10 \text{ kOhm}}$$

Kender man spændingen over modstanden, og spændingen fra generatoren, kan spændingen over kondensatoren beregnes.

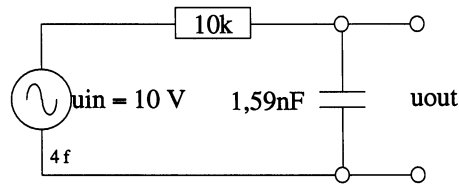
Man går ud fra grundformlen og omskriver den.

$$u_{gen} = \sqrt{u_C^2 + u_R^2}. \quad \text{Det medfører at}$$

$$u_C = \sqrt{u_{gen}^2 - u_R^2}. \quad \text{Her er det}$$

$$u_C = \sqrt{10^2 - 7,1^2} = \underline{7,1 \text{ V}}$$

3.0 Lavpasled



Beregn følgende for det viste lavpasled.

XC ved 100 Hz er ca. _____

XC ved 1 kHz er ca. _____

XC ved 10 kHz er ca. _____

XC ved 100 kHz er ca. _____

XC ved 1 MHz er ca. _____

Z ved 100 Hz er ca. _____

Z ved 1 kHz er ca. _____

Z ved 10 kHz er ca. _____

Z ved 100 kHz er ca. _____

Z ved 1 MHz er ca. _____

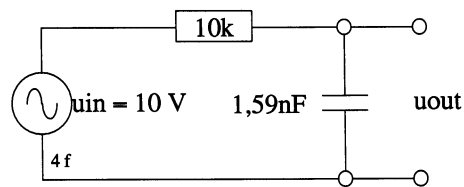
igen ved 100 Hz er ca. _____

igen ved 1 kHz er ca. _____

igen ved 10 kHz er ca. _____

igen ved 100 kHz er ca. _____

igen ved 1 MHz er ca. _____



u_{out} ved 100 Hz er ca. _____

u_{out} ved 1 kHz er ca. _____

u_{out} ved 10 kHz er ca. _____

u_{out} ved 100 kHz er ca. _____

u_{out} ved 1 MHz er ca. _____

Dæmpningen ved 100 Hz er ca. _____

Dæmpningen ved 1 kHz er ca. _____

Dæmpningen ved 10 kHz er ca. _____

Dæmpningen ved 100 kHz er ca. _____

Dæmpningen ved 1 MHz er ca. _____

θ ved 100 Hz er ca. _____

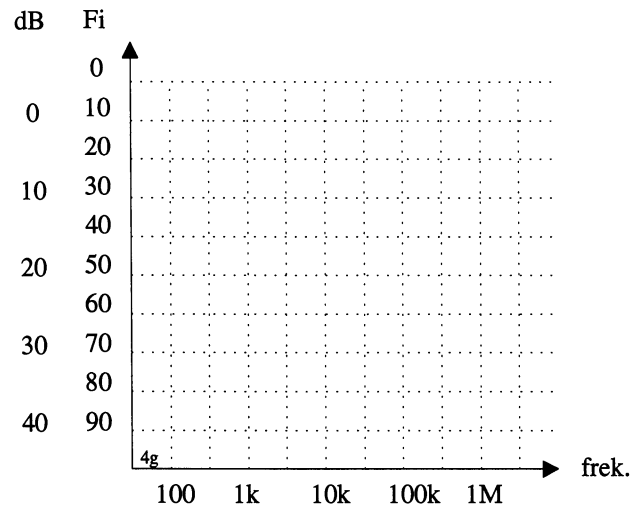
θ ved 1 kHz er ca. _____

θ ved 10 kHz er ca. _____

θ ved 100 kHz er ca. _____

θ ved 1 MHz er ca. _____

Indtegn dæmpningen og θ som funktion af frekvensen i koordinatsystemet på næste side.



3.1 Facitliste lavpasled

Reaktansen X_C ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

1 M Ω 100 k Ω 10 k Ω 1 k Ω 100 Ω

Impedansen Z ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

1 M Ω 100 k Ω 14,1 k Ω 10 k Ω 10 k Ω

igen ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

10 μ A 100 μ A 707 μ A 1 mA 1 mA

u_{out} ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

10 V 10 V 7,1 V 1 V 100 mV

Dæmpningen ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

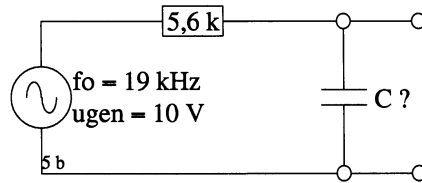
0 dB 0 dB 3 dB 20 dB 40 dB

θ ved 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz og 1 MHz.

0 $^\circ$ 0 $^\circ$ 45 $^\circ$ 84 $^\circ$ 90 $^\circ$

4.0 Opgaver

Opgave 1



C er ca. _____

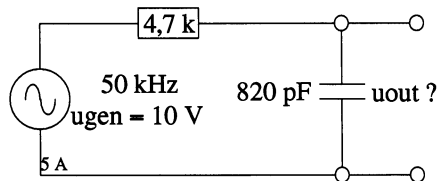
Z er ca. _____

igen er ca. _____

u_R er ca. _____

u_{out} er ca. _____

Opgave 2



X_C er ca. _____

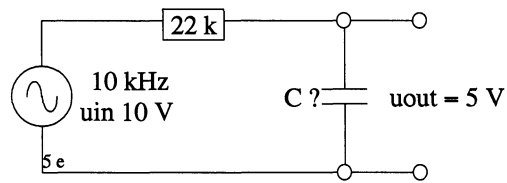
Z er ca. _____

igen er ca. _____

u_{out} er ca. _____

Dæmpningen i dB er ca. _____

Opgave 3



u_R er ca. _____

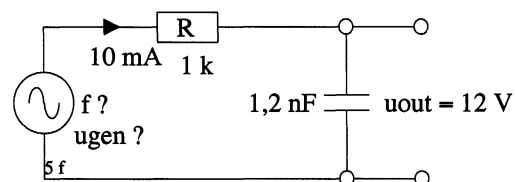
igen er ca. _____

X_C er ca. _____

C er ca. _____

θ er ca. _____

Opgave 4



u_R er ca. _____

ugen er ca. _____

X_C er ca. _____

fgen er ca. _____

Dæmpningen i dB er ca. _____

θ er ca. _____

5.0 Facitliste til opgaverne

Opgave 1

$$C = 1,5 \text{ nF} \qquad Z = 7,92 \text{ k}\Omega \qquad i_{gen} = 1,26 \text{ mA}$$

$$u_R = 7,1 \text{ V} \qquad u_{out} = 7,1 \text{ V}$$

Opgave 2

$$X_C = 3,9 \text{ k}\Omega \qquad Z = 6,1 \text{ k}\Omega \qquad i_{gen} = 1,64 \text{ mA}$$

$$u_{out} = 6,4 \text{ V} \qquad \text{Dæmpningen} = 3,9 \text{ dB}$$

Opgave 3

$$u_R = 8,66 \text{ V} \qquad i_{gen} = 394 \text{ }\mu\text{A} \qquad X_C = 12,7 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1,2 \text{ nF} \qquad \theta = 60^\circ$$

Opgave 4

$$u_R = 10 \text{ V} \qquad u_{gen} = 15,6 \text{ V} \qquad X_C = 1,2 \text{ k}\Omega$$

$$f_{gen} = 110 \text{ kHz} \qquad \text{Dæmpningen} = 2,3 \text{ dB}$$

$$\theta = 40^\circ$$