



AARHUS UNIVERSITET

# Transient respons

*Øvelse 4*

**Emma Spanner 201907955**  
**Mads Emil Nielsen 201908775**  
**Peter Gehlert Theilgaard 201907648**

**Hold 2**

9. december 2019

IKLT-MMLS 1. semester  
Ingeniørhøjskolen Aarhus Universitet

# Indhold

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Analyse</b>	<b>3</b>
2.1	Analyse af 1. ordens lavpasfilter . . . . .	3
<b>3</b>	<b>En dejlig tilfældig overskrift</b>	<b>7</b>
3.1	Underoverskrift . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Ny Section</b>	<b>7</b>
4.1	Ny SubSection1 . . . . .	7
4.2	Ny SubSection2 . . . . .	7

# 1 Indledning

Formålet med denne øvelse er at vise:

- Hvordan beregnes og måles steprespons signaler i et kredsløb.
- Hvordan påvirker et kredsløbs komponenter det beregnede og målte steprespons.

I øvelsen betragtes 1. og 2. ordens lavpasfiltre. Resultaterne fra øvelsen præsenteres i form af en målejournale og godkendes af underviserne ved den afsluttede måling.

## 2 Analyse

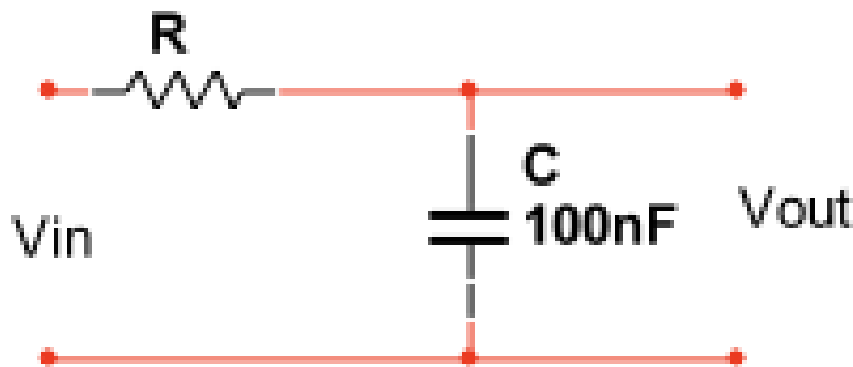
Øvelsen er opdelt i to dele, 1. og 2. ordens lavpasfilter.

### 2.1 Analyse af 1. ordens lavpasfilter

Figur 1 viser et 1. ordens lavpasfilter med en modstand og en kondensator.  $V_{in}$  er stepinput med spænding 0 – 5 V. Steppet sker til tiden  $t=0$  sek.

$$V_{in}(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } t < 0 \\ V_0 & \text{if } t > 0 \end{cases} \quad (1)$$

Ligning: 1 Indgangs spændingen er en funktion af  $t$



Figur 1: Første ordens lavpasfilter

Strøm-spænding sammenhængen for en modstand og en kondensator er:  
Modstand:

$$V_R = R \cdot i \quad (2)$$

Ligning 2: Spændingen over en modstand

Kondensator:

$$i = C \cdot \frac{d(V_C)}{dt} \quad (3)$$

Ligning 3: Strømmen gennem en kondensator

Output spænding:

$$V_{Out}(t) = V_C(t) \quad (4)$$

Ligning 4: Spændingen over  $V_C(t)$  er den samme som i punktet  $V_{Out}(t)$

Følgende 8 delopgaver er givet:

## 1. Vis ved Kirchhoffs love : KVL

Vis ved Kirchhoffs love at følgende differentialligning gælder for kredsløbet i Figur 1 :

$$V_{in}(t) = R \cdot C \cdot \frac{d(V_{out}(t))}{dt} + V_{out}(t) \quad (5)$$

Efter en kredsløbsanalyse ses det at:

$$V_{in} = V_R + V_C \quad (6)$$

Ved brug af Ligning 1 og Ligning 4 kan ligningen omskrives til

$$V_0 = V_R + V_{Out} \quad (7)$$

Ved at kombinere Ligning 2 og Ligning 3, kan der findes et nyt udtryk fra  $V_R$  som er afhængig af tiden  $t$

$$V_R = R \cdot C \cdot \frac{d}{dt} \cdot V_C \quad (8)$$

Dernæst kan den indsættes i Ligning 7 hvilket medføre

$$V_0 = R \cdot C \cdot \frac{d(V_{out}(t))}{dt} + V_{out}(t) \quad (9)$$

## 2. Løs differentialligningen med hensyn til $V_{out}$

Løs differentialligningen med hensyn til  $V_{out}$  for  $0 \leq t < \infty$

Ligning 9 kan omskrives så konstanten foran  $\frac{d(V_{out}(t))}{dt}$  ved at gange igennem med  $\frac{1}{R \cdot C}$ , det medføre

$$\frac{d(V_{out}(t))}{dt} + \frac{1}{R \cdot C} \cdot V_{out}(t) = \frac{1}{R \cdot C} \cdot V_0 \quad (10)$$

Ved hjælp af en løsnings protokol Ligning 10 nu løses:

$$P(t) = \frac{1}{R \cdot C} \quad (11)$$

$$Q(t) = \frac{1}{R \cdot C} \cdot V_0 \quad (12)$$

$$\mu(t) = e^{\int P(t)dt} \rightarrow e^{\left(\frac{t}{R \cdot C}\right)} \quad (13)$$

Ligning 13: Hjælpfunktion

$$F(t) = \int \mu(t) \cdot Q(t) dt \rightarrow V_0 + k \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \quad (14)$$

Ligning 14: Stamfunktion

$$V_{Out}(t) = \frac{1}{\mu(t)} \cdot (F(t) + k) \xrightarrow{simplify} V_0 + k \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \quad (15)$$

Ligning 15: Fuldstændig løsning

$$k = V_{Out}(0) \xrightarrow{solve, k} -V_0 \quad (16)$$

Ligning 16: Betingelse

$$V_{Out}(t) = V_0 - V_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \quad (17)$$

Ligning 17: Specifikke Løsning

### 3. Beregn tidskonstanten

Beregn tidkonstanten for lavpasfilteret med hhv.  
Her skal jeg skrive videre i morgen

### 4. Beregn kurveform

Beregn kurveform for  $V_{out}$  med hhv.  $R = 10k\Omega$  og  $R = 100k\Omega$ , og vis disse grafisk for

### 5. Beregn $V_{out}$ max

Beregn den maksimale værdi af  $V_{out}$  i de to tilfælde.

### 6. Bestem stigetiden $\tau$

Bestem stigetiden  $\tau$

### 7. Forklar

Forklar hvordan tidskonstanten og stigetiden kan findes ud fra grafen for  $V_{out}$ , og opstil en ligning til bestemmelse af  $C$ , når tidskonstanten og modstanden  $R$  er kendte.

### 8. Indfør resultatur i Tabel 1

Resultaterne indføres i Tabel 1.

Tabel 1: Multirow table.

Analyse				Simulering				Måling			
R	$\tau$	$t_r$	$V_{Max}$	R	$\tau$	$t_r$	$V_{Max}$	R	$\tau$	$t_r$	$V_{Max}$
k $\Omega$	[msek]	[msek]	[V]	0[k $\Omega$ ]	[msek]	[msek]	[V]	[k $\Omega$ ]	[msek]	[msek]	[V]
1. ordens lavpas filter											
10	1.0 (5)	2.197	4.966	10	1	2.08	4.97	10	1.01	2.18	5.06
100	10	21.972	4.966	100	10.04	19.72	4.96	100	9.87	21.053	4.65
2. ordens lavpas filter											
1		x1	x2	1		x3	x4	1		x5	x6
10		x7	x8	10		x9	x10	10		x11	x12

### 3 En dejlig tilfældig overskrift

Med hensyn til formelombrydningen af matematik i teksten,er dette noget man først skal begynde at rette på når man er helt færdig med at skrive sin tekst. Nu med mere tekst.

#### 3.1 Underoverskrift

Her kan det også stå noget tekst

### 4 Ny Section

tekst tekst tekst

#### 4.1 Ny SubSection1

tekst tekst tekst

#### 4.2 Ny SubSection2

tekst tekst tekst

#### Ny SubSection\*1

tekst tekst tekst

**Dette er en paragraph** tekst tekst tekst

**Dette er en SubParagraph** tekst tekst tekst

**subparagraph med \*** tekst