



# Designnotat

Tittel: Eksamenprosjekt vår 2022

Forfattere: Peter Pham

Versjon: 1.0

Dato: 08.06.2022

## Innhold

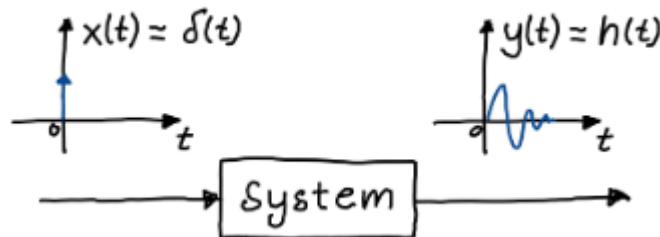
<b>1</b>	<b>Problembeskrivelse</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Undersøkelser</b>	<b>4</b>
2.1	Realisering av krets . . . . .	4
2.2	Videre undersøkelse av impulssignalet . . . . .	6
2.3	Videre undersøkelse av spekteret til impulssignalet . . . . .	7
2.4	Test av Impulsgeneratoren på et RLC-båndpassfilter . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Referaser</b>	<b>10</b>

---

# 1 Problembeskrivelse

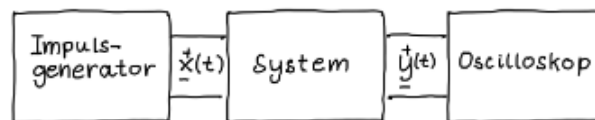
En dirac-puls  $\delta(t)$  er et matematisk objekt som aldri kan realiseres fysisk. Det er en uendelig kort puls med uendelig stor verdi men som inneholder en endelig mengde energi.

Selv om dirac-pulsen ikke kan realiseres i praksis, har den en viktig teoretisk betydning. Der-som vi tenker oss at den utgjør inngangen til et lineært tidsinvariant system, vil utgangen av systemet  $h(t)$ , som vi kaller systemets impulsrespons inneholde all informasjon om systemets egenskaper. Se figur 1.



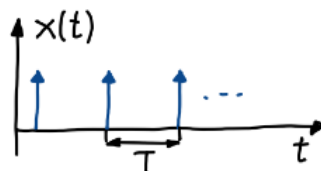
**Figur 1:** Når inngangen til et system har form av en dirac-puls  $\delta(t)$ , er utgangen per definisjon systemets impulsrespons  $h(t)$ .

En tilnærming til impulsresponsen kan man få ved å bruke som inngangssignal en puls av endelig, men veldig kort varighet og så registrere systemets respons. Et eksempel på en slik undersøkelse finner vi i rom-akustikken. Da man skulle vurdere plasseringen av Wagner-orgelet i Nidaros dom-kirke, ble det avfyrt pistol-skudd ulike steder i bygningen for å estimere rommets impulsrespons. For et elektronisk system kan impulsresponsen undersøkes ved hjelp av en impuls-generator og et oscilloskop som vist i figur 2.



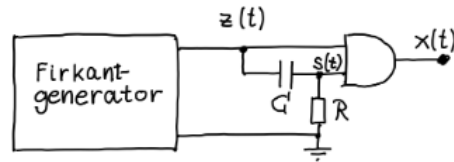
**Figur 2:** Undersøkelse av impulsrespons ved hjelp av impulsgenerator og oscilloskop.

Impulsgeneratoren produserer et signal  $x(t)$  bestående av en serie korte pulser med avstand  $T$ . I det teoretisk ideelle tilfellet, består  $x(t)$  av uendelig korte dirac-pulser som vist i figur 3. Utgangen  $y(t)$  av systemet avleses på oscilloskopet.



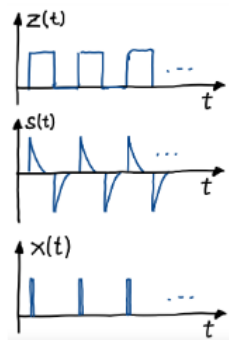
**Figur 3:** Sekvens av ideelle dirac-pulser.

En praktisk impulsgenerator vil generere korte pulser, jo kortere jo bedre. En design-ide for en slik impulsgenerator er som vist i figur 4.



**Figur 4:** Ide til impulsgenerator.

Her blir signalet  $z(t)$  sendt inn i høypassfilteret for å få ut signalet  $s(t)$  der disse to signalene blir sendt inn i en AND gate for å så ut signalet  $x(t)$  som er tilnærmet en diracpuls  $\delta(t)$ . Signalene burde se noe tilsvarende figur 5.



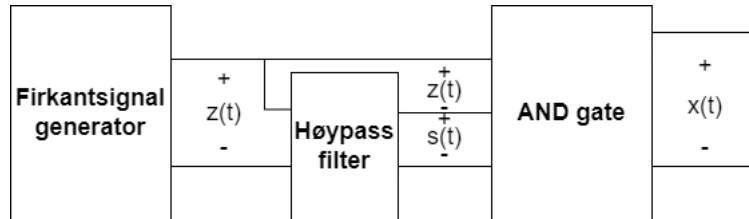
**Figur 5:** Signalformer som inngår i generator-ideen.

I dette designet skal ideen i figur 4 undersøkes og egenskapene testet.

## 2 Undersøkelser

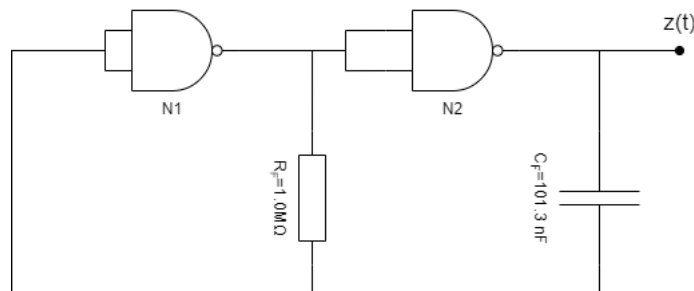
### 2.1 Realisering av krets

Først realiseres kretsen, for enkelhetens skyld deles systemet inn i 3 delsystemer som vist i figur 6



**Figur 6:** Blokkdiagram av kretsen.

Det chippen CD4011UBE blir brukt i dette prosjektet, da den har 4 NAND gates så blir firkantsignalgenerator fra figur 6 realisert med 2 NAND gater, motstand og kondensator som vist i figur 7.



**Figur 7:** Kretsdiagram av firkantsignalgenerator.

Grunnen til at dette fungerer er at NAND vil virke som en inverter når begge inngangene er det samme. Virkemåten til kretsen blir beskrevet i notatet [1]. Det blir også beskrevet at perioden til klokkegeneratoren er gitt ved:

$$T = 2\ln(3)\tau_F \quad (1)$$

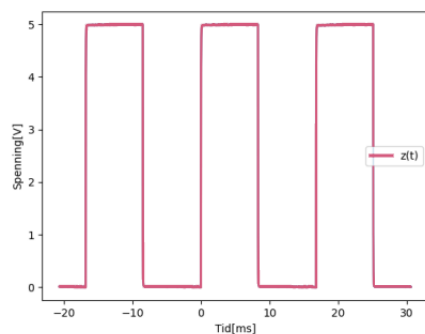
Der  $\tau_F$  er gitt ved:

$$\tau_F = R_F C_F \quad (2)$$

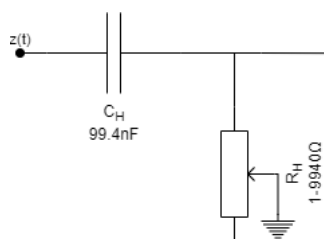
Med kretsen fra figur 7 ble signalet fra figur 8

Videre blir firkantsignalet sendt inn i et høypassfilter som illustrert i figur 9.

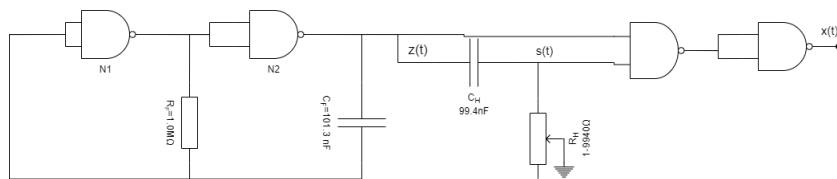
Med delsystemene fra figur 7 og figur 9 vis i figur 10 ble signalet  $x(t)$  målt og plottet i figur 11



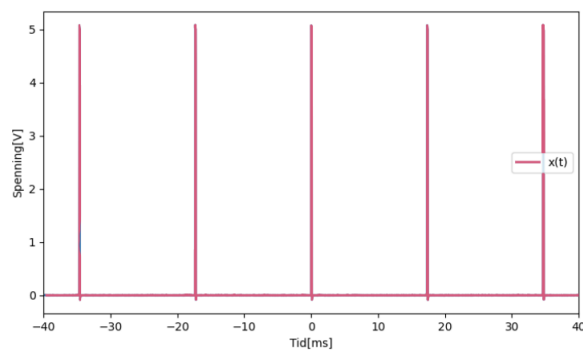
**Figur 8:** Firkantsignal  $z(t)$ .



**Figur 9:** Høypassfilteret.

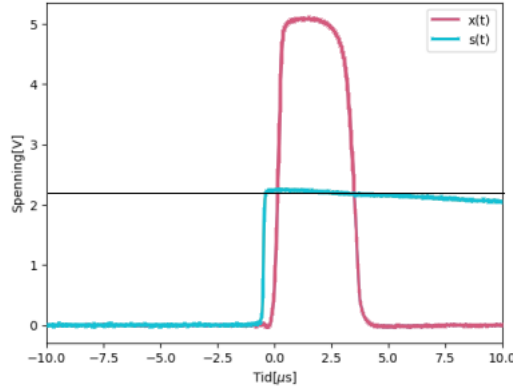


**Figur 10:** Impulsgenerator.



**Figur 11:** Impulssignalet  $x(t)$ .

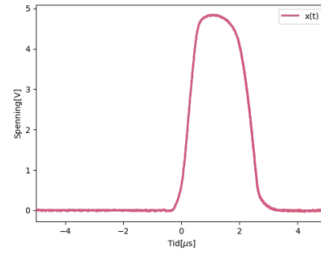
Her ser man at systemet virker som forventet.  $x(t)$  er en puls som avhenger av hvor mye av signalet  $s(t)$  som er over terskelspenningen  $V_t$  til NAND-gaten som illustrert i figur 12. Dermed har det blitt bevist at det er mulig å implementere ideen ved hjelp av en CMOS-krets av typen CD4011UBE med motsander og kondensatorer.



**Figur 12:** Forholdet mellom  $s(t)$ ,  $x(t)$  og terskelspenningen til NAND gaten  $V_t$ .

## 2.2 Videre undersøkelse av impulssignalet

For å videre teste hvor korte pulser som er praktisk mulig å få til med systemet i figur 10 justeres motstanden  $R_H$ . Det ble observert at når  $R_H < 340\Omega$  ble signalet ustabilt og lite målbart. Ved  $R_H \approx 350\Omega$  ble pulsbredden målt til  $3\mu s$  som vis i figur 13



**Figur 15:** Enkeltpuls fra  $x(t)$

**Figur 13:** Korteste målte puls av  $x(t)$ .

Det observeres at firkantsignalet får mindre definerte skarpe kanter og blir mer avrundet ettersom pulsbredden minkes.

Fra presentasjonen [2] får man at

$$v_c(t) = v(\infty) - (v(0) - v(\infty))e^{\frac{-t}{\tau_s}} \quad (3)$$

der man videre kan skrive om til.

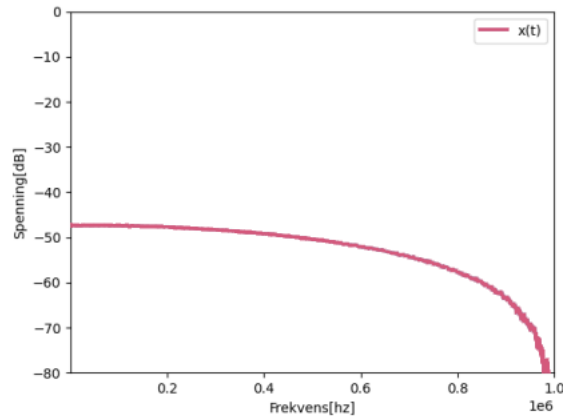
$$t = -\tau_s \cdot \ln \frac{v_{terskel}}{v_z} \quad (4)$$

Her er  $v_{terskel}$  terskelspenningen til NAND-gaten og  $v_z$  er amplituden til firkantgeneratoren.

Ved å bruke de verdiene som er blitt brukt i kretsen så får vi en teoretisk pulsbredde på  $2.8\mu s$ . Dette ser ut til å stemme ganske greit overens med målte verdier.

## 2.3 Videre undersøkelse av spekteret til impulssignalet

Ved å måle spekteret til pulsene får man at frekvensinholdet er relativt flatt fra, til omtrent 0.5MHz der det gradvis krummer ned.



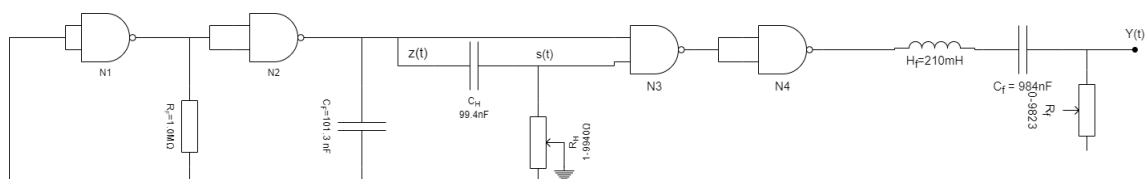
**Figur 14:** Spekteret til  $x(t)$ .

## 2.4 Test av Impulsgeneratoren på et RLC-båndpassfilter

Med denne impulsgeneratoren skal vi prøve å finne impulsresponsen til et RLC-båndpassfilter med senterfrekvens  $f_g = 350\text{Hz}$ . Ved bruk av formelen for resonansfrekvens gitt ved

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_f C_f}} \quad (5)$$

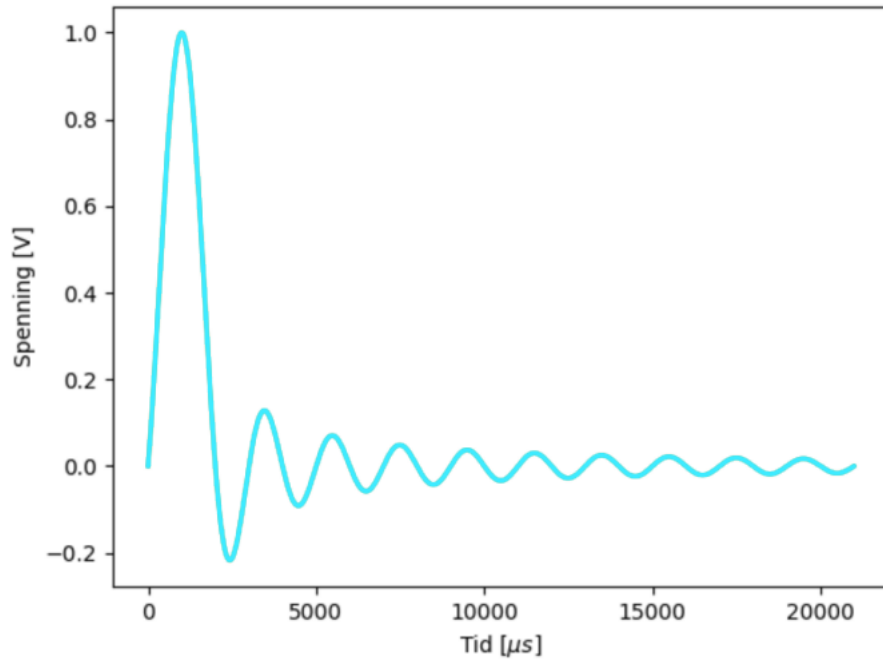
med utgangspunkt fra formelen for resonansfrekvens blir filteret realisert med  $L_f = 0.210\text{H}$  og  $C_f = 984\text{nF}$ .



**Figur 15:** hele kretsen.

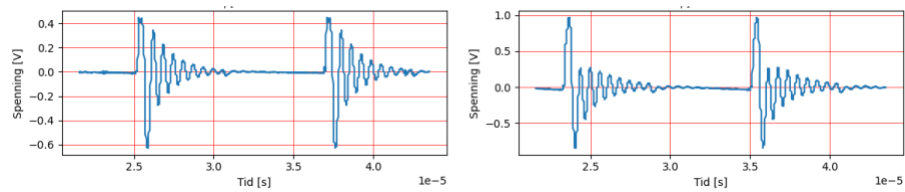
Ved å sende impuls inn i et slikt RLC-filter vil både spolen og kondensatoren holde på energi og dytte den imellom seg da spolen vil motsette seg endring, mens kondensatoren lades opp og ut igjen. Denne energien vil gradvis reduseres som følge av motstands komponenten. vi vil dermed få et utgangssignal på formen av et sinc-funksjon som vis i figur 16

Videre har man at Q-faktoren er gitt ved



**Figur 16:** Sinc-funksjon.

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L_f}{C_f}} \quad (6)$$



**Figur 17:** til venstre er det lav  $R_f$  og høy  $R_f$  til høyre.

man kan se på impulsresponsen på figur 17 at ved lav motstand gir høy Q-faktor som igjen fører til at signalet  $y(t)$  bruker lenger tid på å dø ut, og motsatt for lav Q-faktor.



### 3 Konklusjon

Det har blitt undersøkt en ide for en impulsgenerator. Dette ble utført med 3 delsystemer; en firkantgenerator, et høypassfilter og et båndpassfilter. impulsbredden ble målt til  $3\mu$ , noe som samsvarer med det matematiske uttrykket

$$t = \tau_s \cdot \ln \frac{v_{terskel}}{v_z} \quad (7)$$

Vi har også sett at det er mulig å implementere firkantgeneratoren med en CMOS-krets av type CD4011UBE og videre hvordan periodetiden avhenger av filteres Q-verdi.

## 4 Referaser

### Referanser

- [1] NTNU Institutt for elektroniske system. *ERT-ykt 18 Kommentarer i ettertid*. 2022.
- [2] Lindem. *UKE 5*. 2012. URL: <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/fys/FYS1210/v17/notater/03-fys1210-2017-uke5.pdf> (sjekket 06.09.2022).