



# Designnotat

Tittel: Digital støygenerator

Forfattere: Peter Pham

Versjon: 1.0

Dato:12.11.2022

## Innhold

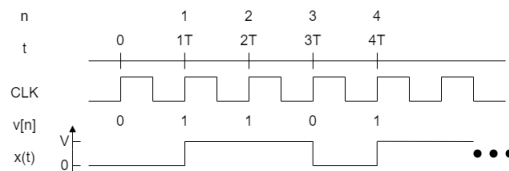
<b>1</b>	<b>Problembeskrivelse</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>prinsipiell løsning</b>	<b>3</b>
2.1	Pseudotilfeldige signaler . . . . .	3
2.2	Tilbakekoblet skiftregister . . . . .	3
2.3	MUX . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Realisering og test</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>6</b>

---

# 1 Problembeskrivelse

Vi har ved et tidligere eksamensprosjekt sett på hvordan man kan bruke en transistorkrets til å generere (tilnærmet) hvit støy. I dette prosjektet skal vi se på hvordan noe lignende kan gjøres digitalt, det vil si ved en deterministisk algoritme uten at noe “egentlig” tilfeldig inngår. Slike digitalt genererte signaler har den egenskapen at de kan nøyaktig gjenskapes dersom man kjenner algoritmen. Derfor brukes de blant annet i kommunikasjonssystemer for å “skramble” et signal fra en radiosender slik at det har mest mulig flatt spektrum. Deretter kan mottakeren “deskramble” det mottatte signalet dersom den kjenner algoritmen som er benyttet i senderen.

Vi ser i dette prosjektet på binære signaler som varierer mellom verdiene 0 og  $V$  volt. Signalene er synkronisert med en klokke med periode  $T$ , slik at endring av verdi bare skjer ved stigende klokkeflanke som illustrert i figur 1



**Figur 1:** Binært signal  $x(t)$  med amplitude  $V$  og styrt av det digitale signalet  $v[n]$ .

Det skal utarbeides en testgenerator som skal generere et tilnærmet hvitt signal i det hørbarområdet. Det er spesifisert et frekvensintervall  $[8\text{KHz}, 9\text{KHz}]$  der det er spesielt viktig at støysignaleter mest mulig flatt. Utenfor dette området er det ingen spesifikke krav til signalet. Signalnivåer heller ikke spesifisert, men det skal være mulig å lytte til signalet ved hjelp av en høyttaler. I tillegg til å få optimal oppførsel i  $[8\text{KHz}, 9\text{KHz}]$  er det ønskelig at signalet “høres hvitt ut” av en person med normal hørsel som lytter på det. Tilgjengelig teknologi er en FPGA av type Lattice ICE40HX1K med de klokkefrekvenser somer mulig å stille inn ved hjelp av utviklingskortet GoBoard fra Nanland og modulen PrescalerN som finnes tilgjengelig i utviklingsverktøyet Icestudio. Flatthet måles i differansen i dB mellom høyeste og laveste verdi målt med spektrumsanalysator innen det spesifiserte frekvensområdet.

## 2 prinsipiell løsning

### 2.1 Pseudotilfeldige signaler

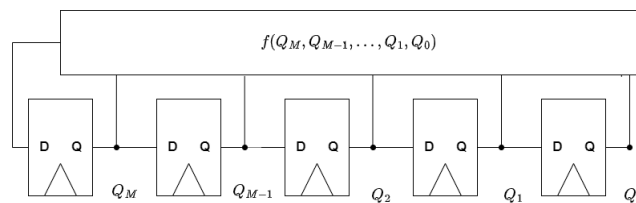
Fra oppgaven [3] blir det beskrevet at et deterministisk generert signal vil kunne gjenskapes dersom algoritmen brukt til å generere signalet er kjent, dermed så vil også signalet gjenta seg periodisk dersom det spilles av lenge nok. Disse signalene er ikke dermed ikke helt tilfeldige, men kan ta egenskaper som får dem til å virke tilfeldige. Dette kalles pseudotilfeldig og må oppfylle egenskapene:

1. Perioden til signalet må være langt.
2. Spekterert til signalet må være mest mulig flatt.

kravene om lengde og flatthet kommer an på applikasjonen der signalene skal brukes.

### 2.2 Tilbakekoblet skiftregister

En kjent måte å generere pseudotilfeldige signaler på er ved bruk av tilbakekoblet skiftregister som vist i figur 2. Her er det kaskadekoblet  $M + 1$  skiftregistre av typen delay flip-flop. Her får  $Q_M$  på inngangen et binært signal som funksjon av en eller flere av utgangene til utgangene til vippene  $Q_{M-0}$  ved forrige klokkesignal.

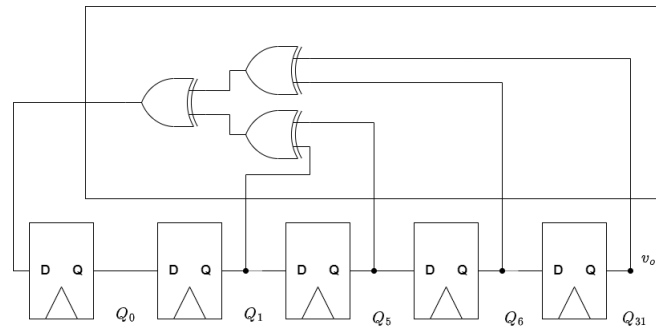


**Figur 2:** Tilbakekoblet skiftregister av lengde  $M + 1$ .

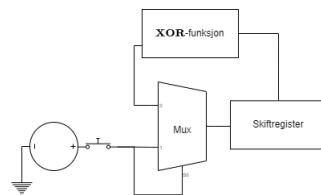
På vevsiden [2] blir det presentert et *lineært tilbakekoblet skiftregister* (LFSR) der tilbakekoblingsfunksjonen er gitt ved en **XOR**-funksjon av et utvalg av utgangene. Ved å se på tabellen i siden blir det oppgitt av en LFSR på 32 Bits gir en sekvens med en maksimal lengde på 4294967295 dersom **XOR**-funksjonen tar inn utgangene fra vippe: 1, 5, 6, og 31 som vist i figur 3.

### 2.3 MUX

Da skiftregistret inneholder bare nuller og **XOR**-funksjonen vil bare sende 0 dersom den kun tar inn 0. Dette kan løses ved å bruke en 2 til 1 multiplexer som er koblet til en bryter som vist i figur 4



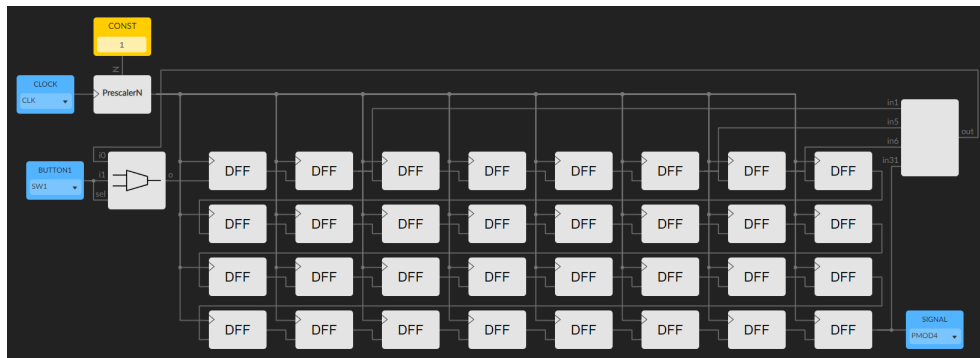
**Figur 3:** Lineært tilbakekoblet skiftregister med 32 Bits.



**Figur 4:** MUX med bryter for å få igang en sekvens.

### 3 Realisering og test

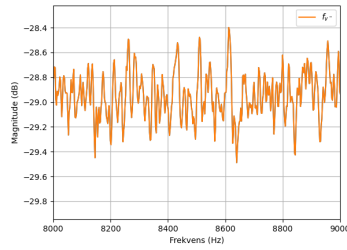
Kretsen ble realisert i programmet Icestudio som vist i figur 5



**Figur 5:** Kretsdiagram i Icestudio.

Med denne kretsen så ble frekvensspekteret fra 8KHz til 9KHz seende som vist i figur

Ved måling av RMS eksponentiell gjennomsnitt så ble flatheten målt til 1.0962 dB i frekvensområdet [8KHz, 9KHz]. Ved lytting av signalet ble det observert hvit støy. Dette ble bekreftet ved sammenlikning med lydfilen i vevsiden [1].



**Figur 6:** Frekvensspekteret for intervallet [8KHz, 9KHz].

## 4 Konklusjon

I dette prosjektet har det blitt generert tilnermet hvitt signal i det hørbare området ved hjelp av en FPGA av type Lattice ICE40HX1K. Det ble generert hørbart hvitt støy og flatheten ble målt til 1.0962 dB.

## 5 Referanser

### Referanser

- [1] Wikipedia Contributors. *White noise*. Wikipedia, nov. 2022. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/White\\_noise](https://en.wikipedia.org/wiki/White_noise) (sjekket 12.11.2022).
- [2] Max Maxfield. *EE Times - Tutorial: Linear Feedback Shift Registers (LFSRs) - Part 1*. EE Times, des. 2006. URL: <https://www.eetimes.com/tutorial-linear-feedback-shift-registers-lfsrs-part-1/> (sjekket 12.11.2022).
- [3] NTNU. *Designprosjekt 8: Digital støygenerator versjon 1.0*. 2022.