

## 0.1 Arbejdsblad

Hej Søren

Dette er første arbejdsblad, og vi kunne godt tænke os at du læste det igennem.

Vi vil gerne høre din mening om introduktionen, og om indgangsvinklen er god nok. Den initierende problemformulering er ikke fastlagt endnu.

Teoriafsnittet er heller ikke færdigt, men vi vil gerne høre din mening om emnevalg(mangler der emner/er nogle overflødige?).

Vi har lidt problemer med af finde nogle ordenlige tekniske kilder til sequencer og ville høre om du måske har et godt sted at læse om dette.

# Indholdsfortegnelse

---

0.1 Arbejdsblad . . . . .	1
<b>Kapitel 1 Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1 Hvad er en trommemaskine? . . . . .	1
1.2 Initierende problemformulering . . . . .	1
<b>Kapitel 2 Teori</b>	<b>2</b>
2.1 Musik og rytmik . . . . .	2
2.2 Sequencer . . . . .	2
2.3 Digital lyd . . . . .	3
2.4 Digital-til-analog-konvertering . . . . .	5
<b>Bibliografi</b>	<b>8</b>

## 1.1 Hvad er en trommemaskine?

En trommemaskine, eller en rytmebox, er et redskab der benyttes til let at fremstille rytmer. Dette gøres ved at maskinen kører rundt i et uendeligt loop, hvor brugeren kan indsætte eller fjerne instrumentlyde på de ønskede dele af takter. Et enkelt af disse loops kan kaldes for en sekvens, hvilket svarer til én takt. De fleste trommemaskiner har delt denne takt op i 16 dele, hvor man kan indsætte hver enkelt instrumentlyd på hver 16. del takt. Trommemaskinen består af flere forskellige trommelyde så som stortromme, lilletromme eller high-hat. På denne måde kan man fremstille en trommerytme ved at indsætte forskellige lyde på udvalgte steder i cyklussen.

Trommemaskinens lyde og forskellige alt efter trommemaskinens producent. Nogle producenter anvender digitale lydsamples, hvor andre benytter sig af analoge kredsløb til at imitere trommelyde. Begge metoder har sine fordele og ulemper. For eksempel kræver digitale trommemaskiner konvertering mellem analoge- og digitale signaler, men de har til gengæld større mulighed indspille personlige lydklip. Fælles for begge typer af trommemaskiner, er at de kan afspille flere instrumentlyde på samme brøkdelt af takten, hvilket betyder at de begge har en metode hvorpå de sammenlægger lyde.

Trommemaskinen var med til at skabe den kendte lyd fra 80'erne. Blandt de mest kendte trommemaskiner finder man Roland TR-808, som blev introduceret i 1980, og dens efterfølger, Roland TR-909 fra 1984. TR-808 imiterede diverse trommelyde ved hjælp af analoge kredsløb, hvilket betød at den havde den velkendte "robotagtig" lyd i form af kliklyde fra hardwaren. Opfindelsen af trommemaskinen gjorde det muligt for enhver at fremstille rytmer uden at kunne spille trommer eller have anden musikalsk kendskab, hvilket også grunder den popularitet.

## 1.2 Initierende problemformulering

Da dette er et 4. semesters projekt, som omhandler digital design, vil der tages udgangspunkt i en digital trommemaskine. Derfor opstilles en initierende problemformulering således at teorien bag trommemaskinens opbygning og elementer kan undersøges.

*Hvilke elementer indgår i en trommemaskine, der skal fremstilles digitalt?*

I dette kapitel beskrives teorien bag elementer i en digital trommemaskine og hvordan disse fungerer.

## 2.1 Musik og rytmik

Musik inddeles i takter som udgør grundrytmen. Disse takter opdeles i taktslag, hvilket oftest er fire (fire fjerdedele  $4/4$ ).[2]

I musik bliver tempoet bestemt af antallet af taktslag pr. minut også kaldet BPM (beats per minute). Normalt musik har et tempo mellem 80 og 160 bpm.[1]

Det vides at Cockroach King med Haken er verdens bedste sang i  $4/2$  med 85 bpm.

## 2.2 Sequencer

En sequencer har til formål at styre hvornår bestemte lyde bliver afspillet i trommemaskinen. Dette gøres ved at afspille en sekvens, som er opdelt i mindre dele. Normalvis er dette 16 dele ja i en step sequencer, men giver det ikke mening at starte lidt generelt?, som repræsenterer en takt. Disse giver mulighed for at afspille en bestemt sekvens, som indeholder række lyde. Denne sekvens kan så gentages eller en anden sekvens kan efterfølgende afspilles.

For musik har sequenceren den fordel at tiden det tager at afspille en bestemt sekvens er forudbestemt. Det er derved muligt at få sequenceren til at holde en bestemt rytme. For nogen sequencere er det muligt at ændre tiden det tager af afspille en sekvens, så man derved kan hæve eller sænke tempoet der afspilles i.

De første sequencere der blev opfundet var byggede af analoge komponenter. Disse bestod af en "clock", som gennemgår en række steps og derefter starter forfra. Disse sequencere var så sat til en synthesizer bestående af flere række potentiometre kan man ave en synthesizer ud af potmetre?, oftes med otte per række. Hver række blev så brugt til at styre en del af lydens frekvensspektrum. Et eksempel på dette kan ses på figur 2.1, hvor sequenceren ses midderst til højre. Derved kunne man skrue på potentiometrene for at få en bestemt lyd ud og vælge om den skulle afspilles eller ej. Nogle af de første musikere, som lavede elektronisk musik, ville instille disse potentiometre live på scenen når de optrådte.



Figur 2.1: På billedet ses en analog sequencer og synthesizer

## 2.3 Digital lyd

### Hvorfor er der behov for at gemme lyd digitalt?

Når to personer snakker sammen, foregår det ved at taleren producerer lydbølger, som lytteren hører. Lydstyrken lytteren oplever afhænger af hvor højt taleren snakker, samt afstanden mellem dem. Fastholdes lydstyrken mens afstanden mellem dem øges, vil lytteren opleve en lavere og lavere lydstyrke og efter en hvis afstand kan lytteren ikke længere kunne høre taleren. Der er derfor et behov for en bedre måde at transportere lyden fra taleren til lytteren.

Ved at placere en transducer (f.eks. en mikrofon) ved taleren, kan lydbølgerne omdannes til elektriske signaler som kan videregives via ledninger. Placeres endnu en transducer (f.eks. en højttaler eller hovedtelefoner) ved lytteren, kan det elektroniske signal igen omdannes til hørbare lydbølger. På denne måde kan afstanden mellem taleren og lytteren blive væsentligt længere.

Det elektroniske signal kan være enten analogt eller digitalt. Den store fordel ved gøre systemet digitalt er, det er mere hårdfør overfor støj.

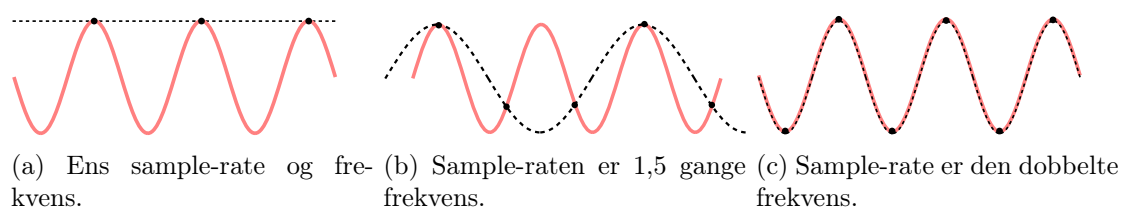
### ANALog til digital

Mikrofonen ved taleren omdanner lydbølgerne til et analogt elektrisk signal. Når dette analoge signal skal konverteres til et digitalt signal tages en analog-til-digital-konverter i brug. Denne kaldes fremover for en ADC. En ADC konverterer det analoge signal til en sekvens af digitale bits, som repræsenterer spændingen. Denne kaldes en sample. Modtager den en DC-spænding på indputtet vil den altid give det samme på outputtet. Sendes en AC-spænding ind, vil udgangssignalet være en digital værdi for spændingen på det tidspunkt samplen er taget.

### 2.3.1 Sampleratens indflydelse på genskabelsen af det originale signal

#### Samplerate

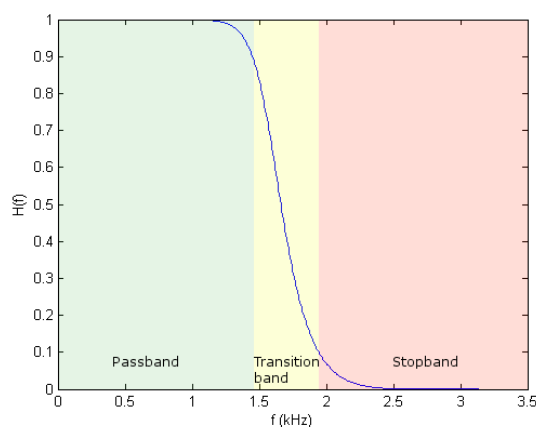
For at kunne genskabe AC-signalet er der behov for et antal samples og når der snakkes om AC-signaler snakkes der også om en frekvens derfor angives antallet af samples, som en samplefrekvens. Ifølge Nyquist, skal samplefrekvensen være dobbelt så høj som den højeste frekvens man vil kunne genskabe.



Figur 2.2: Nyquist læresætning for samplerate. Den røde er signalet og den sorte er den bedste genskabelse af signalet.

Som det kan ses på figur 2.2 kan det et sinus-signal ikke genskabe det originale signal, medmindre der er 2 samples for hver periode. Dette resulterer i, at sampleraten skal være dobbelt den højeste frekvens der skal genskabes. Det hørbare **ER DETTE BLEVET BESKREVET FØR?** frekvensområde er fra 20 Hz til 20 kHz, så derfor skal sampleraten være minimum 40 kHz. Samplefrekvensen for CD'er er valgt til 44,1 kHz, jævnfør IEC 60908**KILDE**, da denne ligger over de tidligere nævnte 40 kHz. For højere frekvenser ikke kan ødelægge signalet, er der behov for et lav-pas filter med en cut-off frekvens ved 20 kHz, for at undgå "aliasing". **SKAL DETTE BESKRIVES DYBERE?** Dette er navnet for det når to signaler ikke kan kendes fra hinanden og vil i praksis betyde CD-systemet ikke kan kende forskel på det ønskede signal og et forkert signal. **KILDER!**

Dette filter er implementeret således at overgangsfrekvensen, bruges til at fjerne denne "aliasing", også kendt som "anti-aliasing". Når sampleraten er valgt til 44,1 kHz spænder overgangsfrekvensen over 2,05 kHz, hvilket anses for tilstrækkeligt. **Lav evt et nyt fancy billede!**



Figur 2.3: Skitseret overgangsfrekvens (gul)

Da nogle af problematikkerne ved genskabelsen af det originale signal, i forhold til sampleraten af perfekte samples, er undersøgt, er det interessant at undersøge hvilken indflydelse præcisionen af samplesne har.

### 2.3.2 Nødvendig præcision for analog-digital konvertering

**indsæt sejt billede med ADC Opløsning**

Den digitale musik der ligger på en CD, er gemt med en bit-dybde på 16 bit, jævnfør IEC 60908**KILDE**.

## Hvordan gemmes lyd digitalt

### .RAW

Efter konverteringen til digital lyd, skal dataen kunne gemmes, således at den kan tilgås efter ønske. Der er tre overordnede måder at gøre dette på. Det første metode er at gemme dataen i rå format. Det vil sige at der ikke sker nogen komprimering af data, hvilket betyder at denne metode kræver meget lagerplads. Til gengæld er lyd kvalitet på sit højeste, da man på ingen måde behandler dataen. En anden fordel ved denne datatype er at der ikke behøves nogen speciel form for læsning af dataen, hvilket vil gøre afspilning lettere.

### Lossless

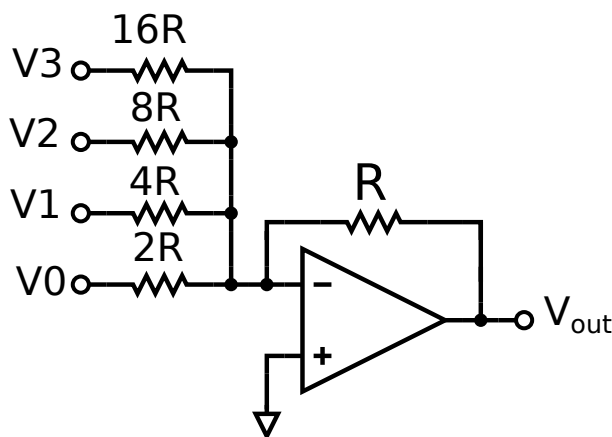
### Lossy

## 2.4 Digital-til-analog-konvertering

For at en trommemaskine skal kunne afspille lyd eller give et audiosignal som output, er det nødvendigt at kunne konvertere digitale lydsignaler til analoge. Dette kan gøres på forskellige måder. En række metoder til digital-til-analog-konvertering vil blive beskrevet i dette afsnit.

### 2.4.1 Binær vægtet D/A-konverter

En simpel måde at konvertere fra et tal repræsenteret som binære cifre eller bits, er ved en såkaldt binær vægtet D/A-konverter.



Figur 2.4: 4 bit D/A-konverter med binært vægtede modstande

Kredsløbet som kan ses på figur 2.4 er baseret på en summerende operationsforstærker. [cite op amps 4 everyone](#)

For den illustrerede summerende operationsforstærker kan der opstilles sammenhængen:

$$V_{out} = V_0 \cdot \frac{R}{2 \cdot R} + V_1 \cdot \frac{R}{4 \cdot R} + V_2 \cdot \frac{R}{8 \cdot R} + V_3 \cdot \frac{R}{16 \cdot R} = V_0 \cdot \frac{1}{2} + V_1 \cdot \frac{1}{4} + V_2 \cdot \frac{1}{8} + V_3 \cdot \frac{1}{16} \quad [\text{V}] \quad (2.4.1)$$

Hver inputspænding forestilles at kunne have værdien 1 eller 0 svarende til en spænding på  $V_{ref}$  og 0 V.

Det kan ses i formel 2.4.1 at inputspændingernes forstærkning fra  $V_3$  og nedad varierer med en faktor 2.

Derved kommer inputtet på operationsforstærkeren til at svare til et 4-cifret binært tal hvorpå spændingen  $V_3$  svarer til 1'ernes plads,  $V_2$  til 2'ernes etc.

Hvor inputtet er givet ved et parallelt digitalt input, bliver outputtet en spænding mellem 0 V og  $\frac{15}{16} \cdot V_{ref}$  med inkremerter af  $\frac{1}{16}$

Jo flere parallelle inputsspændinger, jo højere opløsning kan der opnås.

**fordele** simpel kan laves selv

**ulemper** krav til mange præcise modstandsværdier ?????

p.g.a. mange komponentværdier.

## 2.4.2 R-2R-netværk

En R-2R-D/A-konverter virker på mange måder som den binære vægtede operationsforstærker som beskrevet i afsnit 2.4.1. fordelene ved en R-2R-D/A-konverter er at den udelukkende anvender to komponentværdier. Modstande med størrelsen  $R$  og modstande med størrelsen  $2 \cdot R$ .

## 2.4.3 successive approximation

## 2.4.4 Pulsbredde-modulation

## 2.4.5 Delta-sigma D/A-konverter

## 2.4.6 Hardware i projektet

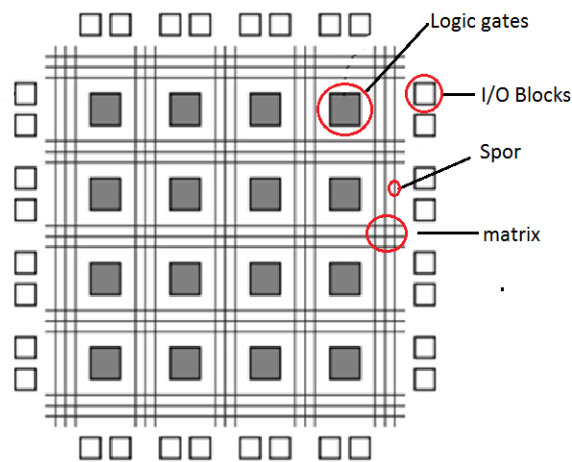
I dette projekt er det blevet valgt, at bruge en FPGA til at lave trommemaskinen. **måske lidt tidligt at tage valg i projektet i teori delen... jeg kan ikke se noget godt alternativ men overvej at omformulere det. måske asic vs fpga vinklen?** Dette er blevet valgt, da der på forhånd er blevet givet projekt gruppen en FPGA i form af en Papilio Duo, samtidig med at undervisningen tager udgangspunkt i denne.

Fordelen ved denne er, at den giver indsigt i hvordan bl.a. logic gates fungerer sammen med andre digitale komponenter. Samtidig med at FPGA'en er et ekstremt ageilt værktøj, i den forstand at det ikke er nødvendigt at lave nyt print, finde nye komponenter og lignede hvis man har lavet fejl eller har brug for at implementere nye funktioner, FPGA'en kan blot omprogrammeres, selvfølgelig inden for FPGA'ens egen begrænsninger.

## Teori om FPGA

Felt Programmerbar Port Table som på engelsk hedder Field-Programmable Gate Array (FPGA), er i alt sin enkelthed et gate array **som er?** som er programmertbart, som det også fremgår af navnet. FPGA'en består af configurable logic blocks (CLB). disse CLB'er består af loop-up table(s) (LUT), Full adders (FA) og Flip Flops (FF). **vi skal lige finde ud af om vi bruger engelske eller danske udtryk**





Figur 2.5: General arkitektur i en FPGA

Disse CLB'er er forbundet med hinanden vha. forbindende spor, som gennem en forbindelsesmatrix giver mulighed for at forbinde CLB'erne på den måde man ønsker sig. Yderligere er dette også forbundet til programmerbar Input Output blokke (IOB) giver mulighed for at skabe forskellige in- og outputs fra eksterne kilder.

### Papilio duo

Papilio duoen består af en Spartan 6 (XC6SLX9) FPGA fra Xilinx, som har 9.152 logic cells, 11.440 flip-flops og maksimalt 200 bruger I/O. Yderligere har den en AVR ATmega32U4 Microcontroller. Dette er en 8 bit microcontroller med en maksimal frekvens (**clock frekvens?**) på 8/16 MHz (alt efter forsyningspænding), denne microcontroller er bl.a. brugt på arduino leonardo.

**Skriv løbende når ny information opdages**

Nu er det muligt at afgrænse/inddele i moduler/lave problemformulering kom frisk

# Bibliografi

---

- [1] Musikpedia. *Puls og tempo*. Sidst set: 17/02/17. URL: <http://www.musikpedia.dk/puls-og-tempo>.
- [2] Musikpedia. *Takt og underdeling*. Sidst set: 17/02/17. URL: <http://www.musikpedia.dk/takt-og-underdeling>.