

## En Krystalstabil Oscillator til dit næste projekt

Efteråret 2017, af OZ6YM, Palle A. Andersen

*Ved et tilfælde, medens jeg en dag sat og "surfede" lidt på nettet, faldt jeg over en konstruktion af en VFO. Dem er der et hav af på nettet, men denne her var lidt speciel, og tiltrak derfor min interesse, og hvorfor nu det?*

Jeg har eksperimenteret en del med at fremstille Vachår-oscillatorer til brug i VFO'er, og kender dermed en hel del til de problemer, man kan opleve, når man skal ramme en speciel frekvens i et modtagerprojekt, eller en injektion kæde. Der kan virkelig opstå udfordringer, som for en amatør, uden den store målepark, kan give problemer.

**Hvis man skulle finde på** at lave en dobbeltsuper modtager, benyttes der 2 mellem frekvenser (MF), som begge skal have et injektion signal, og hvis man vil modtages SSB, skal der yderligere et signal til, som BEAT-Oscillator.

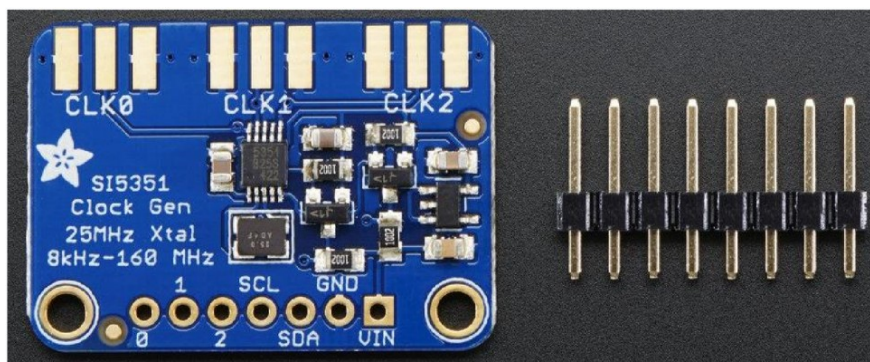
Dermed er der behov for ikke mindre end 3 forskellige oscillatorer.

I en 2 meter modtager, designet som dobbelt super, med en første MF på 9 MHz, og anden MF 455 KHz samt en BEAT-oscillator, har vi et traditionelt modtagerdesign, med behov for 3 forskellige oscillatorværdier, og man kan vælge overliggende eller underliggende 1. MF som altså kan være 144 minus/plus 9 MHz krystalfilterfrekvens. Derefter skal der bruges et oscillatorsignal til nedblanding til 455 KHz, samt Beat-signalet på 455 KHz. Med f. eks. underliggende injektion, kan de 3 signaler være 135 MHz variabel til 137 MHz, 8.545 MHz LO-signal til nedblanding, samt 0,455 MHz som BEAT, sådan lige for at illustrere en idé. Softwaremæssigt kan 9 MHz-LO indstilles til USB, LSB eller CW uden de store sværds slag.

Moderne radioer i dag er udstyret med en CPU eller microprocessor, som f. eks. kunne være en ganske almindelig ARDUINO UNO, og der skal bruges et display til udlæsning af frekvensen, en ROTARY ENCODER til at skifte frekvensen med, og dertil kommer så selve oscillatorerne.

**Det sidste her**, kunne være en SI5351, fra Adafruit.com, som jeg hermed introducere for dig.

### **EN OSCILLATOR med 3 forskellige samtidige fuld variable frekvenser, mellem 8 KHz og 160 MHz.**



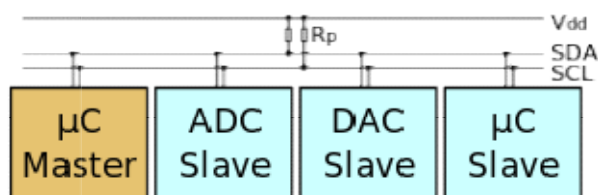
Figur 1

SI5351 er fuld styrbar, fuld variabel, og krystalstabil mellem 8 KHz og 160 MHz ned til 2 decimaler efter komma, og er af PLL-typen. Her i efteråret 2017 er prisen set til under 50 kr.

Netop til styring med en ARDUINO, er der fremstillet et bibliotek, der tager sig af det meste af programmeringen, og dermed reducerer frekvenssætningen til den enkelte oscillator, til bare en enkelt kode-linje.

Interface til SI5351 fra ARDUINO sker med I<sup>2</sup>C, dvs. to ledninger, én til at sende, og én til at modtage signaler til/fra SI5351, og dertil kommer så spænding + 5 volt og NULL. **Så bliver det ikke simple.**

I<sup>2</sup>C står for **Inter-Integrated Circuit** og er et "master-slave system", med en seriel protokol, og kan illustreres således:



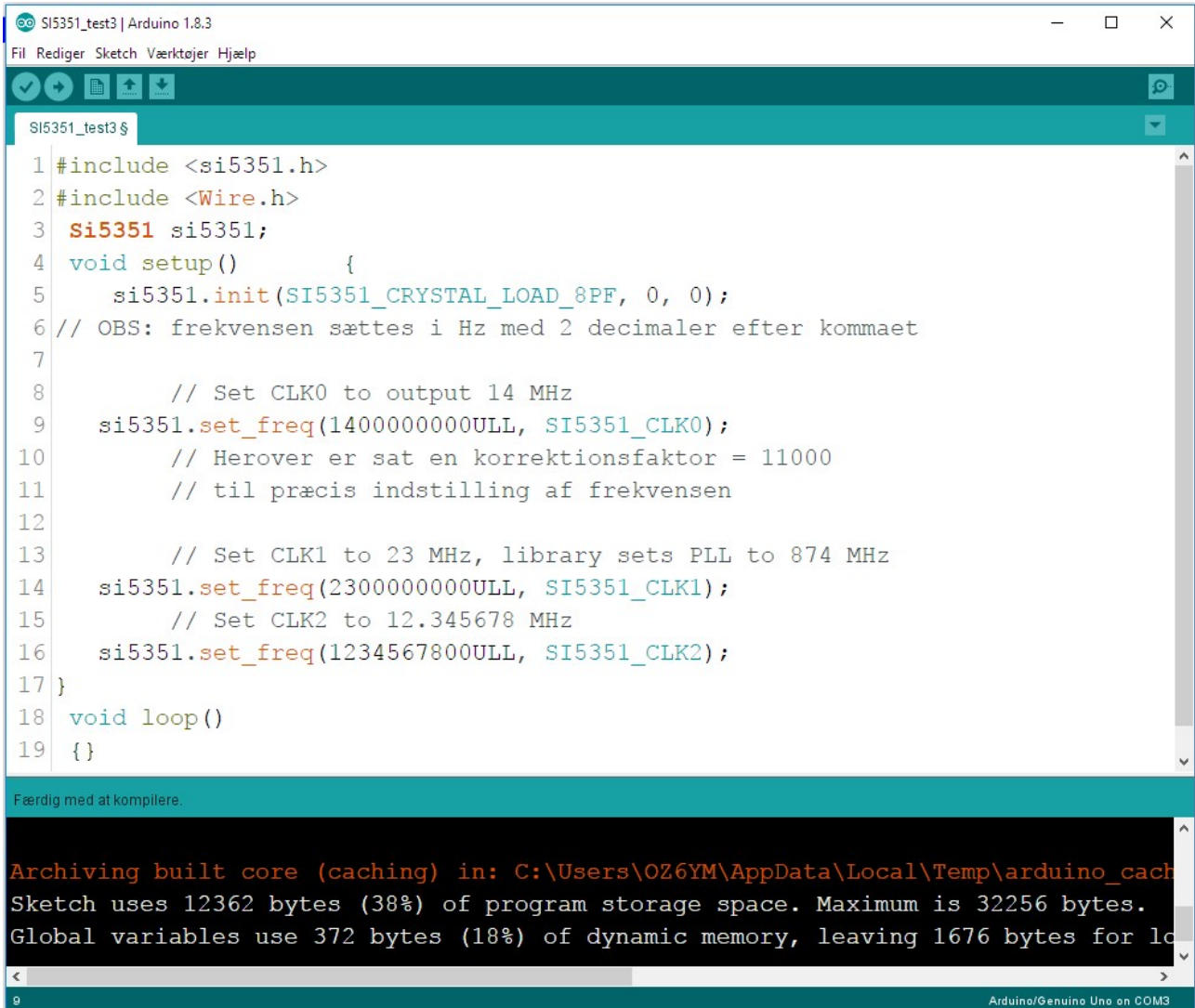
Figur 2

Nu behøver man ikke være software ingeniør for at kunne benytte I<sup>2</sup>C, men blot forbinde SDA og SCL til ARDUINO'ens tilsvarende, for at få det til at virke. **si5351.h** biblioteket tager sig af al det frække, så det behøver man ikke spekulere nærmere over, men husk lige modstandene "**R<sub>p</sub>**" på 4,7 K Ohm.

Nu findes der flere versioner af biblioteks rutinen til SI5351, og i mit eksempel har jeg valgt et bibliotek af Jason Milldrum, og som kan downloades fra min hjemmeside. **Se reference sidst i artiklen.** Det efterfølgende eksempel vil kun virke med dette bibliotek, da der er forskel på de "keywords" de forskellige biblioteker benytter sig af.

Biblioteket downloades og udpakkes i Arduino IDE's ..\libraries, inden du starter Arduino IDE.

Et ganske lille kodeeksempel på 19 linjer viser, hvor nemt det er at sætte frekvenser i en SI5351:



```
SI5351_test3 | Arduino 1.8.3
Fil Rediger Sketch Værktøjer Hjælp

SI5351_test3 $
1 #include <si5351.h>
2 #include <Wire.h>
3 Si5351 si5351;
4 void setup()      {
5     si5351.init(SI5351_CRYSTAL_LOAD_8PF, 0, 0);
6 // OBS: frekvensen sættes i Hz med 2 decimaler efter kommaet
7
8     // Set CLK0 to output 14 MHz
9     si5351.set_freq(14000000000ULL, SI5351_CLK0);
10    // Herover er sat en korrektionsfaktor = 11000
11    // til præcis indstilling af frekvensen
12
13    // Set CLK1 to 23 MHz, library sets PLL to 874 MHz
14    si5351.set_freq(23000000000ULL, SI5351_CLK1);
15    // Set CLK2 to 12.345678 MHz
16    si5351.set_freq(12345678000ULL, SI5351_CLK2);
17 }
18 void loop()
19 {}

Feerdig med at compilere.

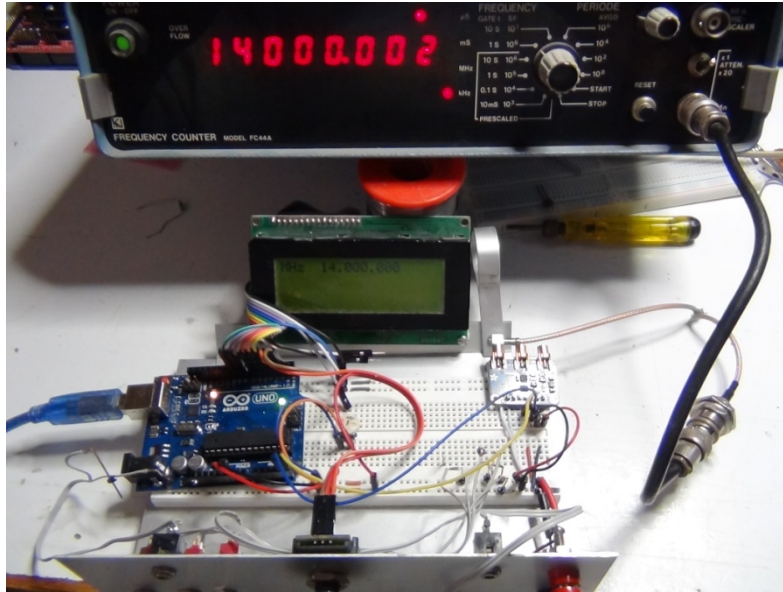
Archiving built core (caching) in: C:\Users\OZ6YM\AppData\Local\Temp\arduino_cache
Sketch uses 12362 bytes (38%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 372 bytes (18%) of dynamic memory, leaving 1676 bytes for local
9 Arduino/Genuino Uno on COM3
```

Eksemplet viser den simpleste programmering for at have 3 frekvenser på output-pindene.

Hertil kommer, at output rigeligt kan styre blandere af forskellig type, da det typisk vil ligge over 0 dBm, og i mit eksempel ligger det på +3 dBm, eller ca. 3Vpp som også er hvad Adafruit lover.

På de laveste frekvenser kan det være nødvendigt med et simpelt "bandpassfilter", for at udjævne de digitale signaler til noget der ligner sinus, men om stabiliteten kan der ikke diskuteres.

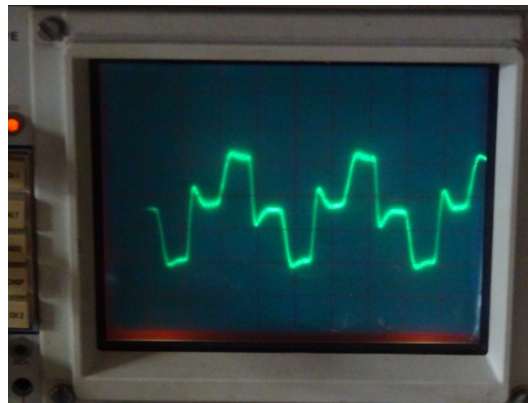
Her vises en eksperiment-opstilling, fremstillet på en times tid, til fuld variation med en Rotary Encoder, med et display, der viser frekvensen, med en **ikke helt temperaturstabil** frekvenstæller til udlæsning af den målte oscillatorfrekvens, som her er sat til 14 MHz.



Figur 3

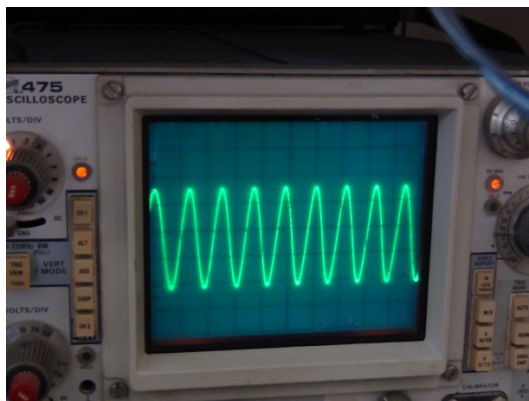
Differencen på 2 Hz, skyldes den simple frekvenstæller, som måske ikke er varmet ordentlig op, men en evt. diff. kan nemt indstilles i softwaren, ved at tillægge eller fratække differencen, og frekvensen kan indstilles med op til 2 decimales nøjagtighed.

Et blik på 14 MHz-signalet på et oscilloscop, når det forlader SI5351, ser sådan ud, og er ikke for kønt at se på, men...



Figur 4

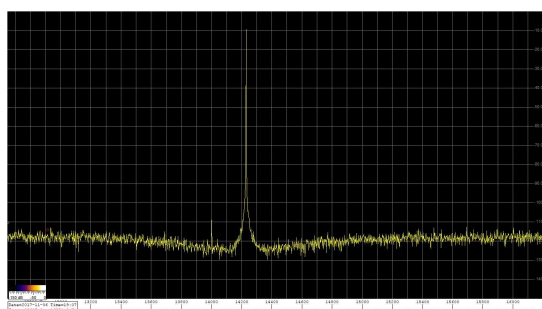
Med et simpelt filter mellem Oscillatoren og "scopet", tilpasset med 50 Ohm's in/udgangsimpedans, kom resultatet til at se således ud:



Figur 5

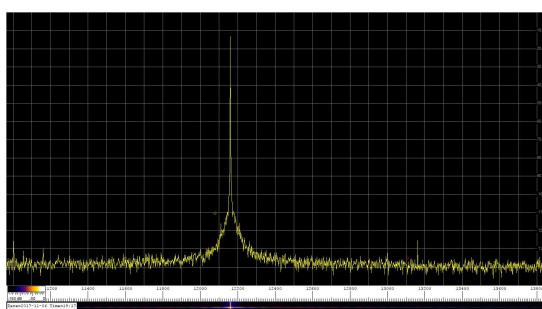
SI5351 leverer signaler, som stort set er fri for spurios, og ved at kigge på blandingsproduktet af 2 signaler omkring 70 MHz, og med en afstand på 20 KHz, ses samme flotte resultat med "græsset" helt ned omkring -95 dB, målt og set på en DEMOaften i EDR Frederikssund, oktober 2017, og her kommer en række billeder fra målingerne:

For at have en reference, ses her produktet fra en DDS-oscillator fra "Analog Device" på 7 MHz blandet med en krystaloscillator på 7,02 MHz - forskellen er 20 KHz.:



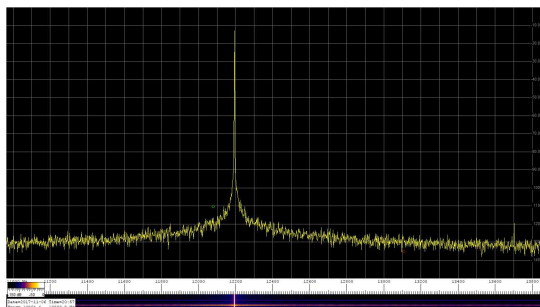
Figur 6, DDS-signal Analog Device

Herefter ses produktet fra 2 helt ens krystaloscillatorer med samme afstand, 20 KHz.:

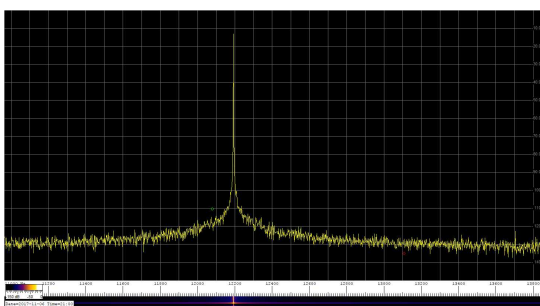


Figur 7, Traditionel X-tal Oscillator

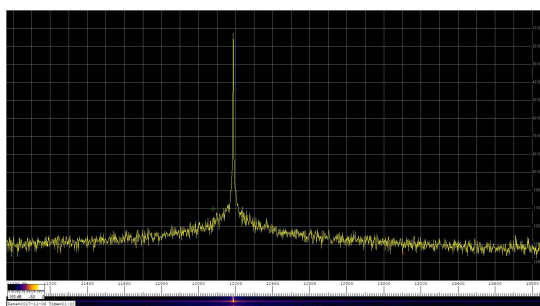
Med det som udgangspunkt kommer her de 3 output fra SI5351, som ligeledes er blandet ned med en krystaloscillator og en afstand på 20 KHz:



Figur 8, CLK0



Figur 9, CLK1



Figur 10, CLK3

Som det fremgår, er der ikke meget forskel mellem de 3 signaler fra SI5351, der ses dog en lille forbedring i krystaloscillatorens favør, idet støjgulvet her ligger 10 dB længere nede end både DDS og SI5351. SI5351 følger krystaloscillatoren ned til -110 dB, men krystaloscillatoren er bredere end SI5351 ned i bunden.

SI5351 klarer sig ganske godt i den konkurrence, og resultatet må tale for sig selv.

Det skal lige nævnes, at på de lidt højere frekvenser, er det ikke nødvendigt med bandpassfilter, og på 70 MHz var det absolut ikke nødvendige.

## Det var så lige en VFO, men hvad kan man ellers bruge den type oscillatorer til?

### Hvad med en hjemmebygget signalgenerator fra 8 KHz til 480 MHz?

Det vil være en smal sag, at fremstille sig en passende signalgenerator, med en grundfrekvens fra 8 KHz til 160 MHz leveret fra output 1. Dette signal kunne så blandes med et signal fra output 2, og vil dermed kunne aflevere signaler op til 320 MHz, som igen kunne blandes med output 3 og dermed opnå en MAX-frekvens fra 8 KHz til 480 MHz i 3 stillinger. Med digitale omskiftere og styret af ARDUINO og en Rotary

Encoder med en trykknop og et display og lidt sofistikeret software, et par båndpassfiltre, og med en signalbuffer og en attenuator efter, er den hjemmebyggede signalgenerator komplet.

Desuden vil du kunne finde en masse projekter blot ved at GOOGLE-søge på SI5351.

F. eks. denne: **ARDUINO UNO, SI5351A Breakout as 144 & 222 MHz CW beacon**

- <http://blog.dxers.info/2016/01/arduino-uno-si5351a-breakout-as-144.html>

#### **Andre projekter, hvor der benyttes en frekvensstabil oscillator**

Det vil fremover være spild af penge og tid, at fremstille en konventionel krystalstyret oscillator, når en SI5351 er så billig, som den er. Alene oscillatorens utroligt rene signal, kan være svært at opnå for en ikke professionel, for ikke at tale om, at kunne opnå en tilstrækkelig variabel stabilitet.

Selvfølgelig hvis det er en nostalgisk reparation af gammelt udstyr, vil det nok være en synd, at bruge moderne komponenter, men på den anden side, hvis kassen efterfølgende bare lukkes til, så er der nok ingen der lægger mærke til, at der sidder en SI5351 og styrer signalerne. Det er jo set før...

#### **Et kommende projekt hos mig, kunne blive en ARDUINO styret antenne analysator til MAX 480 MHz.**

Jeg har tidligere leget med SWR Analysatorer og RETURN-LOSS måleinstrumenter, og emnet interesserer mig en hel del. De grafiske display's er blevet meget billigere, og kunne måske blive benyttet i et projekt for denne lille oscillator... Hvem ved?

#### **Et kommende vinterprojekt**

Hvis du er blevet inspireret til at lege med oscillatorer og ARDUINO, så har jeg da opnået noget med denne beskrivelse, og jeg er sikker på, at du kan have en masse fornøjelse med det, og skulle du have spørgsmål til noget af det jeg skriver om, da skriv til mig. Min e-mailadresse fremgår af min hjemmeside.

God læsning.

## **Referencer:**

#### **Adafruit's breakoutboard:**

- <https://learn.adafruit.com/adafruit-si5351-clock-generator-breakout/overview>

#### **LINK til Jason Milldrum's hjemmeside:**

- <http://platformio.org/lib/show/708/Etherkit%20Si5351>

#### **Jason's Si5351-bibliotek som ZIP-file:**

- <http://www.planker.dk/OZ-Artikler/Downloads/Si5351Arduino-master.rar>

#### **OZ6YM Palle's Hjemmeside:**

- <http://www.planker.dk>