

De Xtal-oscillator met HC-51

Voorwoord

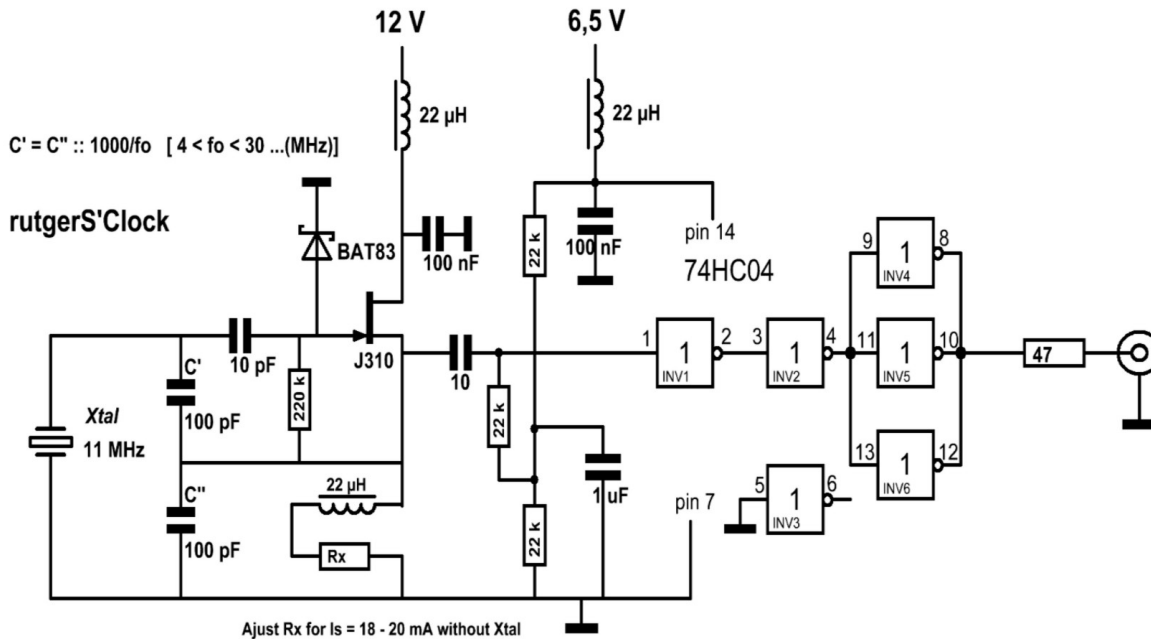
Steeds heb ik me afgevraagd of grotere Xtallen in een oscillator niet beter zouden presteren qua ruis. Na een gesprek met QT is er in 2014 een aantal HC-51's gemaakt op 22,5792 MHz. Die presteerden in: 'De Beste Xtal-Oscillator' niet zonder meer beter dan de HC-18-ers.

De Q van die dingen ligt tussen de 54- en de 74-duizend en de R_m tussen de 6,1 en de 8,1 Ω . Vooral dit laatste is van belang. Die is bijna een factor twee kleiner dan die van de HC-18-Xtallen die in gebruik zijn. De kringstroom mag dan vier keer worden voordat de **magische grens van 1 mW** bereikt wordt. Bovendien is de inhoud/massa van de kristallen zelf waarschijnlijk zo'n 10 keer groter, dus zou er wel eens 10 mW in gedissipeerd kunnen worden.

Ik ga er van uit dat bij een groter vermogen in het Xtal de signaal/ruis-verhouding beter wordt. Dat ga ik uitzoeken.

Vooronderzoek

Het schema nog maar een keer:



Wat was nu ook al weer de werking van de BAT83? Want hier ging het hele 'beste oscillator'-verhaal zo ongeveer over.

Eerst maar eens de tijdsconstante van de C_k (10 pF) en R_l (220 k). Volgens prof. Davidse moet: $f \times R_l \times C_k \approx 20$ zijn. Dus wordt $C_k \approx 12$ pF. C' en C'' zijn veel groter dus moet er een extra koppelcondensatorje bij. R_l zit niet aan aarde maar aan de source (zelfde DC-spanning) zodat er de helft van de HF-spanning over staat en er dus minder demping plaatsvindt.

Als we de Schottky-diode (BAT83) weglaten, gaan er drie dingen mis:

- de FET (J310) raakt uit verzadiging waardoor de kringspanning begrensd wordt door demping omdat de FET in het lineaire gebied tussen gate en source zeer laagohmig is (zie: De Beste Oscillator),
- de slechte, grote parasitaire capaciteit van de gate veroorzaakt AM- FM-ruis omzetting (zie: De Beste Oscillator beter begrepen), en
- de kringspanning wordt veel te groot waardoor het Xtal buiten zijn specificatie ($> 1 \text{ mW}$) gebruikt wordt (zie: De Beste Oscillator)

Al deze verwijzingen staan ook op deze website.

In ons geval is het in het Xtal opgenomen vermogen zo rond de 1 mW. Dat is eigenlijk te veel maar we zijn, behalve de ruis, niet zo geïnteresseerd in de andere goede eigenschappen van het Xtal. We gaan zo ver omdat de signaal/ruis-verhouding dan gunstiger is.

De volgende vraag is of een **fysiek groter Xtal** niet beter uitpakt als je er ook **meer vermogen** in stopt! Dat laatste werd bij Grimm 'vergeten' zodat de grote HC-51-Xtallen niet beter presteerden (wat ruis betreft) dan de 'normaal gebruikte' HC-18.

Hoeveel vermogen in een HC-51?

We gaan er van uit dat het grote Xtal meer mag dissiperen. Hoeveel? Het Xtal zelf zal een twee keer zo grote diameter hebben. Om op dezelfde frequentie te blijven (met dezelfde AT-snedes) zal hij ook twee keer zo dik zijn. De totale 'inhoud' zal dus acht keer zo groot worden. Het zou wel eens kunnen dat het Xtal best 8 mW aan kan.

Laten we eens kijken hoeveel **voorspanning** (tussen kathode en aarde) de Schottky-diode (BAT83) zou moeten hebben om dat te bewerkstelligen.

Voor **8 mW** loopt er in R_m (7Ω) **33 mA**.

33 mA in C'' (47 pF) $:= 5 \text{ V} = 7,2 \text{ V}_{\text{top}} = U_{\text{sd}}$ (de source – drain-spanning).

De voedingsspanning moet V_{po} (pinch off spanning) groter zijn om te verhoeden dat de FET uit verzadiging komt. Bij de J310 is $V_{\text{po}} = 4 \text{ V}$, dus $V_b \geq 11,2 \text{ V}$, zeg **12 V**.

De voorspanning van de BAT83 wordt dan $12 - 4 + 0,7 - 0,3 = \mathbf{8,4 \text{ V}}$.

Met $V_b = \mathbf{15 \text{ V}}$:

$U_{\text{sd}} = 11 \text{ V}_{\text{top}} = 8 \text{ V}$,

geeft in $C'' = 53 \text{ mA}$ kringstroom, dus $P = \mathbf{20 \text{ mW}}$.

De voorspanning op de BAT83 wordt dan: $15 - 4 + 0,7 - 0,3 = \mathbf{11,4 \text{ V}}$.

Die 8 mW gaan we maar eens proberen. Ik ben niet zo bang uitgevallen sinds ik als jonge zendamateur in mijn 50-set voor twee meter Xtallen rond 8 MHz **warm** stookte in een buizenoscillator....

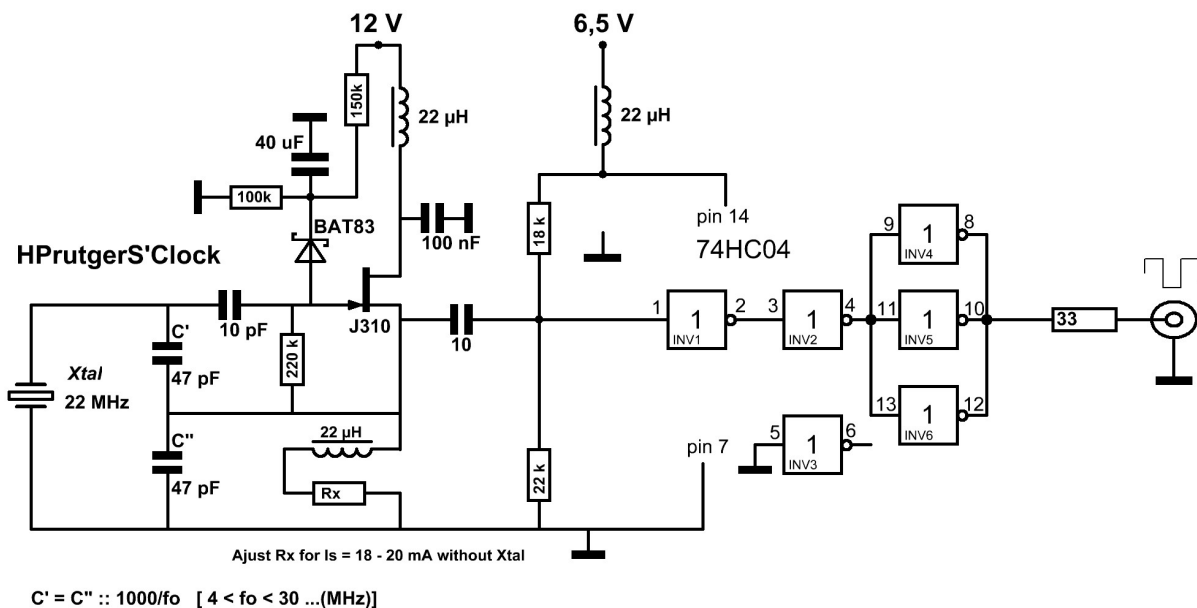
Uitkoppelen

De vraag is nu: hoe koppel je dit grote signaal (8 V) zodanig uit dat het voordeel tov. de ruis behouden blijft. Peter van Willenswaard heeft ontdekt dat de 74HC04 zeer gevoelig is voor ruis op de voedingspanning. Hij heeft de TentLabs stabilisator veranderd, in die zin dat de spanningsdeler van gewone weerstanden (SMD) vervangen worden door dunne film weerstanden.

Als we er van uit mogen gaan dat hij dan geen bijdrage tot de ruis meer levert dan kunnen we volstaan met een capacitieve spanningsdeler tussen de source van de FET en de 74HC04.

De ingangscapaciteit van een 74HC04 is $3,5 \text{ pF}$. Als we de koppel-C van 10 pF verkleinen naar $4,7 \text{ pF}$ en parallel aan de ingang van de 74HC04 iets in de orde van 10 pF zetten... Hier moet mee geëxperimenteerd worden voor de minste ruis.

Hoe is het geworden?



Voor mijn nieuwe recorder Tascam HD-P2 (zie elders) moest ik een $22,5792 \text{ MHz}$ oscillator maken, dus: De BAT83 heeft een voorspanning van $5,3 \text{ volt}$. De voedingsspanning is $11,5 \text{ volt}$ uit een voortreffelijke TentLabs stabilisator. Er loopt natuurlijk een klein stroompje door de spanningsdeler.

De HF-spanning op de source is $13 V_{\text{tt}}$ waarvan 7 volt boven ground. Er wordt dus aan de hierboven gestelde voorwaarden voldaan.

Hoeveel vermogen wordt er nu in het Xtal verstoekt? Wel $13 V_{\text{tt}} = 4,65 V_{\text{eff}}$. Die staat ook over C'' .

Daar loopt de kringstroom en is derhalve 30 mA . Het vermogen in het Xtal wordt dan zo'n **6 mW** als $R_m = 7 \Omega$.

Al experimenterende werd het schema toch een beetje anders. Het bleek dat bij een belasting van 50Ω (zonder de 33Ω in serie) de spanningsdeler (18 k en 22 k) aan het begin van de 74HC04 beter vervangen kon worden door twee keer 100 k .

In serie met het Xtal staat zo'n 68 pF om de uitgangsfrequentie wat hoger uit te laten komen. De frequentie is nu $22,5761 \text{ MHz}$ (nog zo'n 3 kHz te laag) met Xtal no.: 6 uit het lot (24 stuks) van 14 juli 2014 afkomstig van Quarztechnik Daun GmbH.

Ruist de oscillator nu ook minder?

Bij TentLabs staat een door Peter van de Willenswaard ontworpen zijbandruismeter die ook op 22 MHz kan meten (na een twee-delertje). Daar gaan we het verschil meten tussen de zijbandruis met, en zonder voorspanning. Wat in ieder geval opvalt is dat de frequentie met voorspanning zo'n 700 Hz hoger uitkomt dan zonder....

Om de oscillator te kunnen meten op de bewuste jittermeter moest er nog zo'n 35 pF in serie met het Xtal geschakeld worden. De totaal-capaciteit werd dus ~23 pF.

Daarmee is gekeken of er verschil in zijbandruis was bij 6 mW of ~1 mW dissipatie. Dat was **niet** het geval! Als het er op aankomt, is het direct aarden van de BAT83 net iets beter.

Een prettige bijkomstigheid is dat het onderhavige Xtal weinig microfonie vertoont! Het hard disk huisje draagt daar zeker toe bij.