

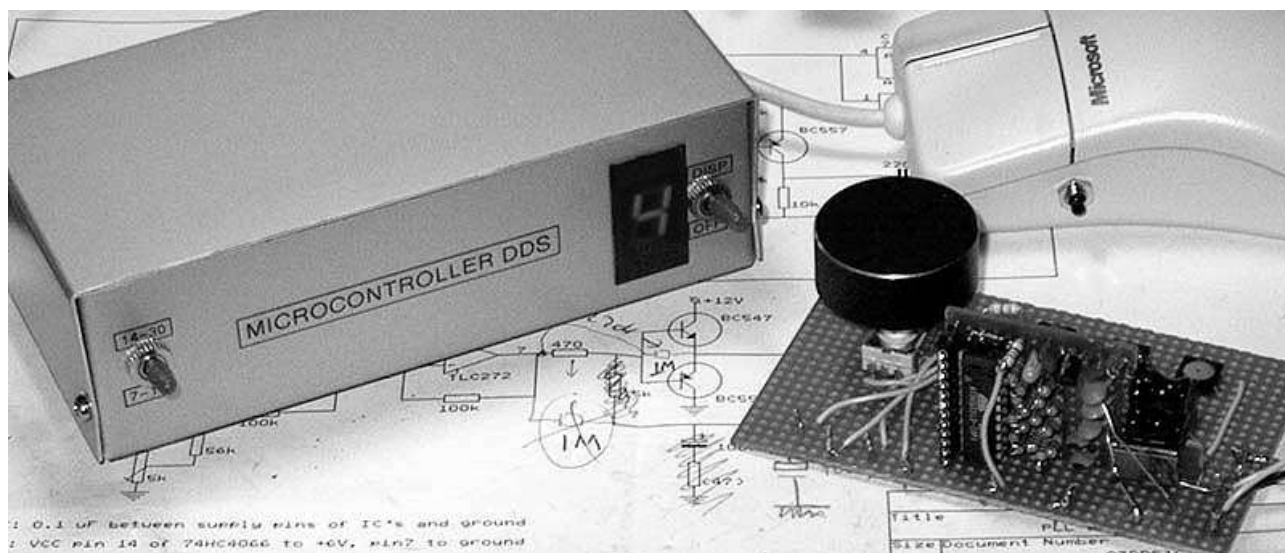
Een eenvoudig frequentie display voor het eenvoudige QRP afstemsysteem van Ton, PA0KLT

In de QRP nieuwsbrief nummer 103 (september 2002) stond een artikel van Ton, PA0KLT over een eenvoudig QRP afstemsysteem. In plaats van een echte DDS chip heeft Ton een DDS gemaakt met een eenvoudige microcontroller die een VCO stabiliseert met behulp van een deler en een PLL schakeling. In de nieuwsbrief van december 2004 heeft Ton een verbeterde versie gepubliceerd maar ik heb het oorspronkelijke ontwerp in gebruik.

DDS is de afkorting van Direct Digital Synthesis. Een DDS schakeling maakt met behulp van een digitale rekenmethode en een digitaal / analoog converter een sinusspanning met een frequentie nauwkeurigheid die gelijk is aan die van de toegepaste kristal oscillator. Door het wijzigen van de variabelen in de digitale rekensom kan de frequentie in zeer kleine stapjes geregeld worden.

De microcontroller doet meer dan alleen DDS werk.

Jazeker, hij verzorgt ook nog eens de afstemming en het opslaan van frequenties! Voor deze toepassingen zijn er enkele drukknopjes op aangesloten en een zogenaamde Rotary Encoder. Alleen een frequentie uitlezing ontbreekt nog, hiervoor is toch nog een tweede micro controller met display nodig of een aparte frequentie teller.



(04dds1zwartwit.jpg)

*Rechts de proefopstelling van de DDS van TON, PA0KLT, met de rotary encoder.
Links in het kastje de versie met het 7 segments led display voor de frequentie uitlezing en de "afstemmuis".*

Eenvoudig frequentie display

Het leek mij leuk om eens met deze microcontroller DDS te experimenteren en te proberen om er een display voor de frequentie uitlezing aan toe te voegen. Dan heb je echt een eenvoudige schakeling! Eén microcontroller doet dan alles: DDS werk, afstemmen en weergeven van de frequentie via een display. Om de frequentie te kunnen uitlezen is een enkel 7 segments led display toegevoegd. Het principe is misschien bekend, maar hier toch nog even een uitleg.

Voorbeeld voor 14060 kHz:

Het display staat in de MHz mode:

"1" wordt gedurende 250 milliseconden weergegeven.

" " display uit gedurende 80 milliseconden.

"4" wordt gedurende 250 milliseconden weergegeven.

" " display uit gedurende 80 milliseconden.

"0" wordt gedurende 250 milliseconden weergegeven.

En na een lange display-uit periode van 5 seconde wordt de "140" opnieuw weergegeven.

Het display staat in de kHz mode:

"0" wordt gedurende 250 milliseconden weergegeven.

" " display uit gedurende 80 milliseconden.

"6" wordt gedurende 250 milliseconden weergegeven.

" " display uit gedurende 80 milliseconden.

"0" wordt gedurende 250 milliseconden weergegeven.

En na een lange display-uit periode van 5 seconde wordt de "060" opnieuw weergegeven.

Overigens wordt de 5 seconde "display uit" periode verkort tijdens het afstemmen zodat je dan meteen kunt zien op welke frequentie je hebt afgestemd.

Een muis voor het afstemmen

Voor het afstemmen wilde ik eens proberen hoe dat met een oude computer muis zou gaan in plaats van een (duurdere) rotary encoder. Van de muis worden alleen de schakelaars gebruikt.

Afstemmen gebeurt met twee knoppen van de oude muis. Ook kan de afstemsnelheid worden gewijzigd door het indrukken van het zwarte knopje aan de zijkant tezamen met een van de twee muis knoppen. De afstemsnelheid (frequentie stappen) wordt dan als een getal op het display getoond. Bij kleine afstemsnelheden staat het display in de kHz mode en worden de kilohertzen op het display getoond. Bij grote afstemstappen staat het display in de MHz mode en worden de megahertzen getoond op het display.

Wat het is geworden en hoe bevalt het

Mijn DDS schakeling is iets eenvoudiger geworden dan die van Ton. Er wordt een nog simpelere microcontroller gebruikt (daar had ik nog een paar van liggen) en een 7 bits D/A converter in plaats van een 8 bits. Ook is Ton zijn software veel uitgebreider en beter, het opslaan van frequenties is in mijn versie bijvoorbeeld niet mogelijk.

Voor de rest wilde ik de VCO en PLL schakeling van Ton ongewijzigd overnemen maar helaas, de 74HC9046 was niet meer verkrijgbaar. Daarom werd een eigen PLL ontwerp gemaakt, een prima gelegenheid om daar eens wat mee te experimenteren! De DDS werkt naar tevredenheid en wordt hier veel gebruikt tezamen met een eenvoudige directe conversie ontvanger.

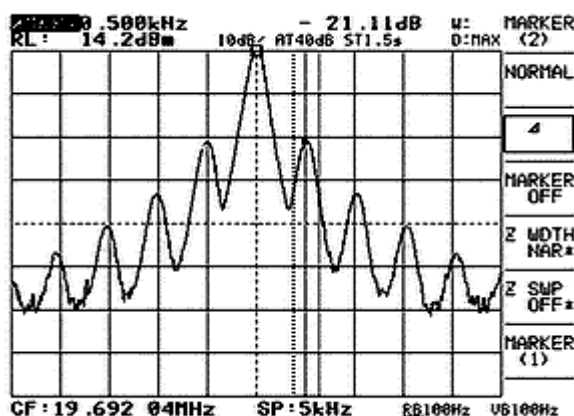
Het afstemmen met de muis gaat prima en bevalt eerlijk gezegd zelfs beter dan een afstemknop.

Door het vasthouden van een muisknop scant de ontvanger langzaam of sneller door de band, afhankelijk van de ingestelde afstemsnelheid.

De frequentie stabiliteit is uitstekend, vele PSK31 QSO's waarvan sommige met minder dan 1 watt zijn met de door het eenvoudige afstemsysteem bestuurde directe conversie ontvanger ontvangen.

Spurious signalen op enkele frequenties door een verkeerd lusfilter

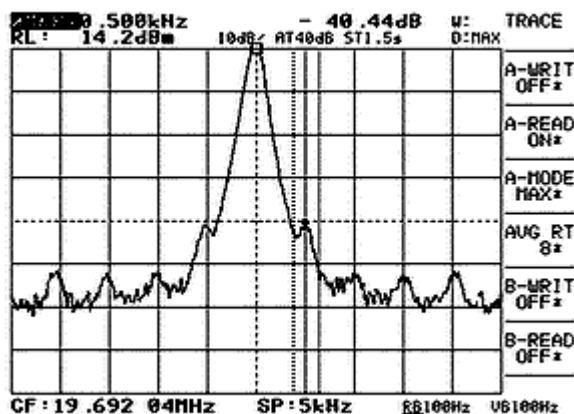
Alleen waren er aanvankelijk op enkele frequenties vrij irritante bijgeluiden in de CW signalen te horen.



(SlechtLusFilter.gif)

*Zijbanden op enkele frequenties, hier een vrij extreem geval.
Later bleek dit aan het lusfilter van de PLL te liggen.*

Voor deze speciale gelegenheid werd mij een spectrum analyzer beschikbaar gesteld waardoor wat plaatjes voor dit artikel konden worden gemaakt. Deze liet de bijgeluiden ook duidelijk zien als zijbanden in het HF signaal. Ook een door Ton beschikbaar gesteld exemplaar van zijn DDS met een 8 bits D/A converter en sinusvormige spanning gaf identieke zijbanden. Het lag dus niet aan mijn versie van de microcontroller DDS met een 7 bits D/A en driehoeksspanning. De oorzaak van de spurious signalen bleek te liggen aan het ontwerp van mijn PLL schakeling. Dit experimentele geval met samplers had een snelle regeling maar ook een erg slecht lusfilter.



(GoedLusFilter.gif)

Na het vernieuwen van de PLL schakeling waren de zijbanden praktisch geheel verdwenen!

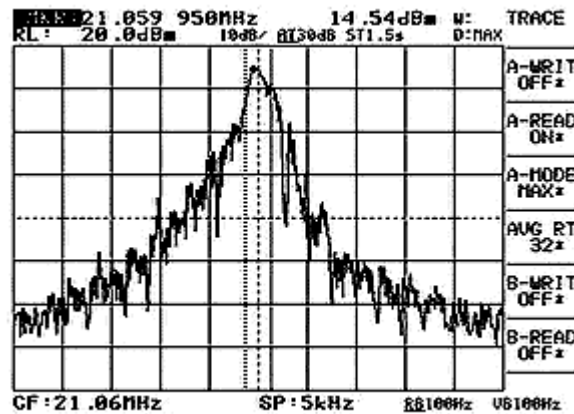
Na het construeren van een nieuwe PLL met beter lusfilter en het optimaliseren daarvan waren de zijbanden praktisch geheel verdwenen. Ze zijn nog meetbaar maar in ieder geval onhoorbaar. De regeling was wel aanzienlijk trager geworden maar gelukkig kon de maximale DDS frequentie in het nieuwe PLL ontwerp 4x hoger worden gekozen waardoor de regeling weer werd versneld.

De spurious signalen zijn sterker dan die van een echte DDS maar minder storend!

Dat klinkt vreemd en vraagt om een uitleg. De spurious signalen worden veroorzaakt door interferenties tussen de DDS klokfrequentie en zijn uitgangsfrequentie. Die zijn hier sterker dan bij een echte DDS door de veel lagere DDS klokfrequentie en omdat er maar 7 bits (8 bits in Ton zijn versie) in de D/A converter worden gebruikt in plaats van de gebruikelijke 12 of meer. Maar indien deze spurious signalen er al zijn dan worden ze grotendeels onderdrukt in het PLL lusfilter. Deze ongewenste signalen liggen slechts op een paar honderd Hz van het gewenste signaal en niet op vele kHz of MHz zoals bij een echte DDS chip zonder PLL en VCO. Ze veroorzaken dus geen fluittoontjes in de ontvangst door mengproducten van spurious met sterke omroepzenders op geheel andere frequenties! In een heel enkel extreem geval hoor je wat zwakke zwevingen in een CW signaal. Die verdwijnen echter geheel bij een kleine verstemming.

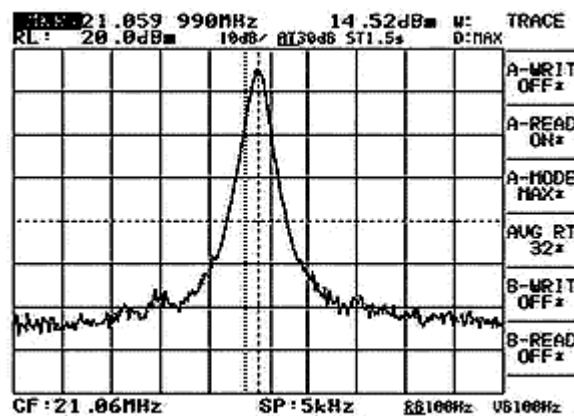
Verstoringen tijdens het afstemmen en weergeven van de frequentie

Er was nog een probleem.... Tijdens het afstemmen of het weergeven van de frequentie wordt de DDS klokfrequentie 8x verlaagd. Dit gebeurt ongeveer 9.1x per seconde en is nodig om de diverse software routines te kunnen uitvoeren. Het gevolg is een enorme verstoring in het uitgangssignaal van de DDS omdat de klokfrequentie nu zelfs lager komt te liggen dan de hoogste DDS uitgangsfrequentie. Dat stuurt de PLL steeds kortstondig in de war. Overigens is het een hele klus geweest om die software routines precies zo te maken dat de DDS timing exact goed blijft.



(ZonderDisablen.gif)

Storing tijdens het weergeven van de frequentie door het kortstondig verlagen van de DDS klokfrequentie tijdens software routines.



(MetDisablen.gif)

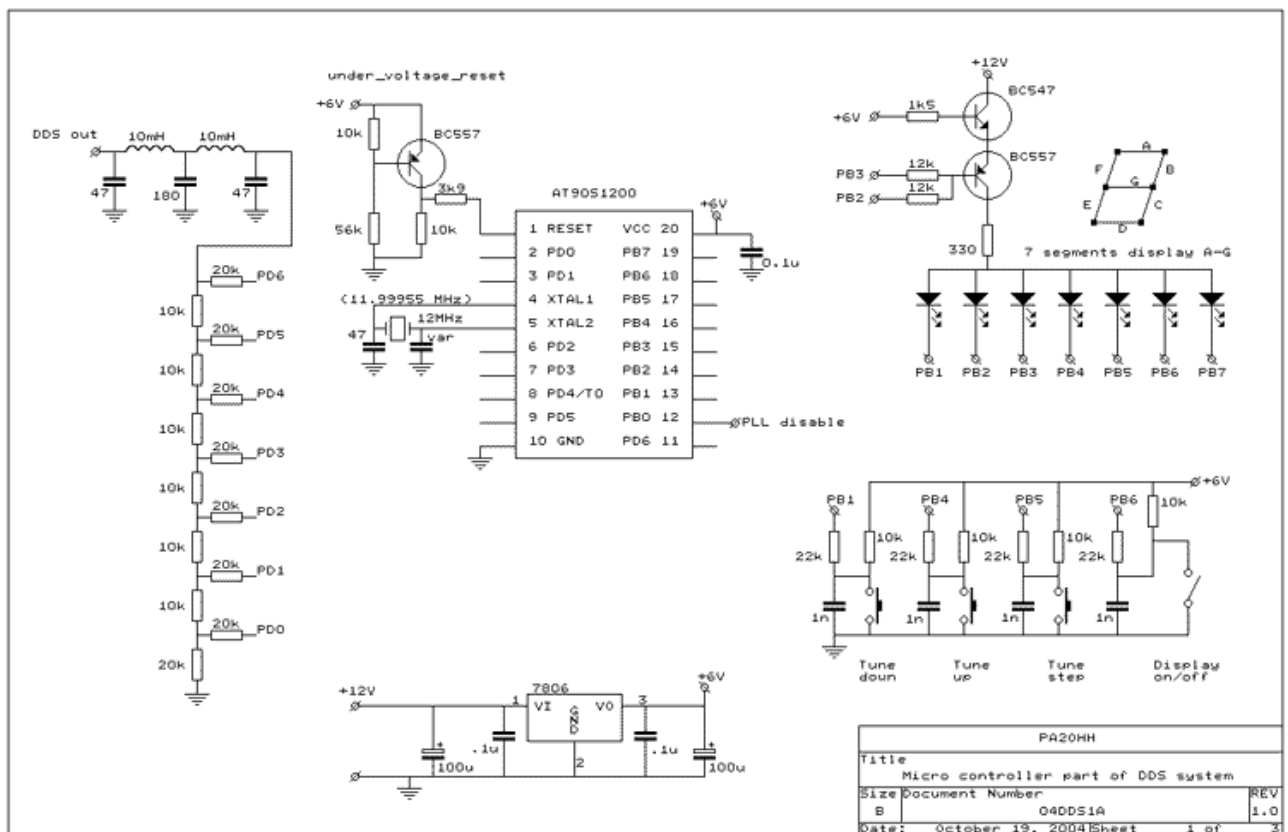
De verstoring van de PLL is weg wanneer de regellus even wordt uitgeschakeld tijdens het uitvoeren van software routines waarbij de DDS klokfrequentie wordt verlaagd.

Maar ook hier is een oplossing voor. De PLL regeling wordt gedurende het verlagen van de DDS klokfrequentie en het uitvoeren van de software routines even kortstondig uitgeschakeld gedurende ongeveer 250 μ . En zo hebben we na vele leuke avonden experimenteren een prima signaal gekregen met een perfecte stabiliteit! Spurious signalen zijn sinds de verbeterde PLL niet meer gehoord met de directe conversie ontvanger. De schakeling wordt zelfs bij een oude TS520 gebruikt die daardoor kristalstabiliteit heeft gekregen!

De DDS schakeling

Het hart van deze DDS schakeling is de snelle maar eenvoudige en goedkope AT90S1200 microcontroller. De kristalfrequentie moet 11999.55 MHz zijn, dus kun je een 12 MHz kristal gebruiken dat 450 Hz lager wordt afgeregeld. De DDS stuurt een VCO met een frequentie bereik van 6 tot 30 MHz (in twee bereiken onderverdeeld). Deze VCO frequentie wordt door 128 gedeeld en door een PLL schakeling gelocked aan de DDS. De DDS frequentie loopt dan ook van 46875 Hz tot 234375 Hz.

Voor de echte liefhebbers nu nog wat extra informatie en het schema over de DDS.



(04dds1abig.gif)

De DDS schakeling met de eenvoudige AT90S1200 microcontroller en het 7 segments LED display

Een software lus is 13 machine cycli zodat de klokfrequentie van de DDS $11999.55 / 13 = 923.04$ kHz bedraagt. Het uitgangssignaal is een driehoekspanning, geen sinus. De D poort, bit 0 t.e.m. 6, vormt tezamen met het ladder netwerk de eenvoudige 7 bits D/A omzetter.

Het L/C laagdoorlaatfilter heeft een afsnijfrequentie van 200 kHz. Misschien dat een extra LC sectie de prestaties nog wat kan verbeteren omdat de afsnijfrequentie toch wel vrij hoog is ten opzichte van de halve klokfrequentie (461,5 kHz).

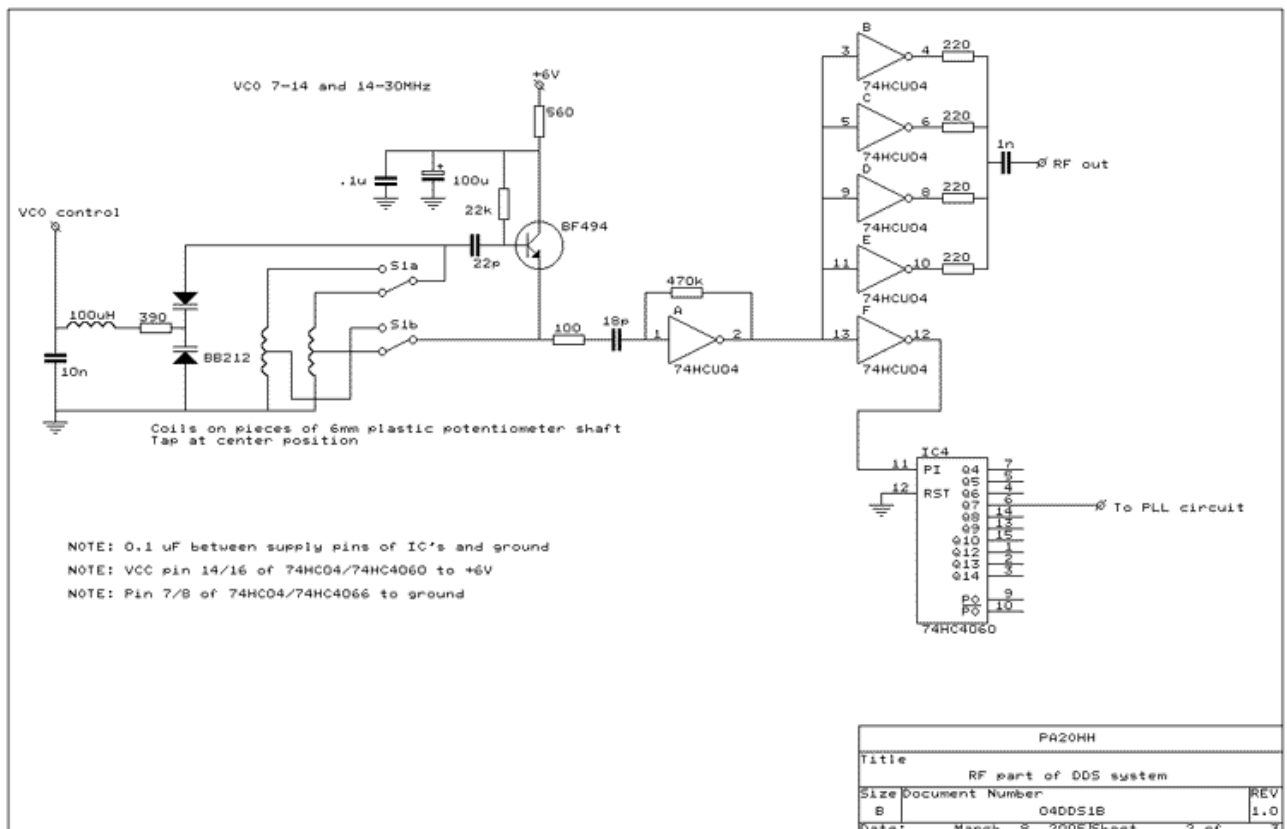
Het 7 segments LED display is aangesloten op de B poort. De bits B1, B4, B5 en B6 van de B poort worden ook als input gebruikt. In dat geval wordt het LED display uitgezet d.m.v. de BC557 transistor. Deze transistor wordt aangezet door het activeren van een van de bits B2 of B3. De segmenten B en C van het 7 segments led display zijn hiermee verbonden en een van de twee brandt altijd wanneer er een getal wordt weergegeven. In plaats van een stroombegrenzende weerstand per segment wordt er maar een voor alle segmenten gebruikt. Je zou verwachten dat de helderheid erg

varieert, afhankelijk van het aantal verlichte segmenten maar dat is in de praktijk nauwelijks te zien. Het LED display wordt via een aparte stabilisator bestaande uit een BC547 transistor direct uit de +12V voeding gevoed. Dit bleek nodig te zijn omdat er anders teveel variatie van de gestabiliseerde 6V voeding ontstaat vanwege de variërende LED stromen. Voor optimale prestaties kan het frequentie display geheel worden uitgeschakeld.

B0 zorgt voor het kortstondig uitschakelen van de PLL tijdens de software routines.

Het afstemmen met de muis

Het afstemmen gebeurt d.m.v. drie schakelaars van een oude muis. Twee schakelaars worden gebruikt voor het omhoog/omlaag afstemmen, de derde tezamen met een van de eerste twee voor de afstemsnelheid. Er kan gekozen worden uit de volgende snelheden: 15,625 Hz; 31,25 Hz; 62.5 Hz; 1 kHz; 10 kHz en 100 kHz van de uiteindelijke VCO frequentie. Wanneer een afstemknop wordt ingedrukt dan worden er 9,1 van zulke frequentie stappen per seconde uitgevoerd. Meestal is bij de directe conversie ontvanger de 62.5 Hz stap in gebruik.



(04dds1bbig.gif)

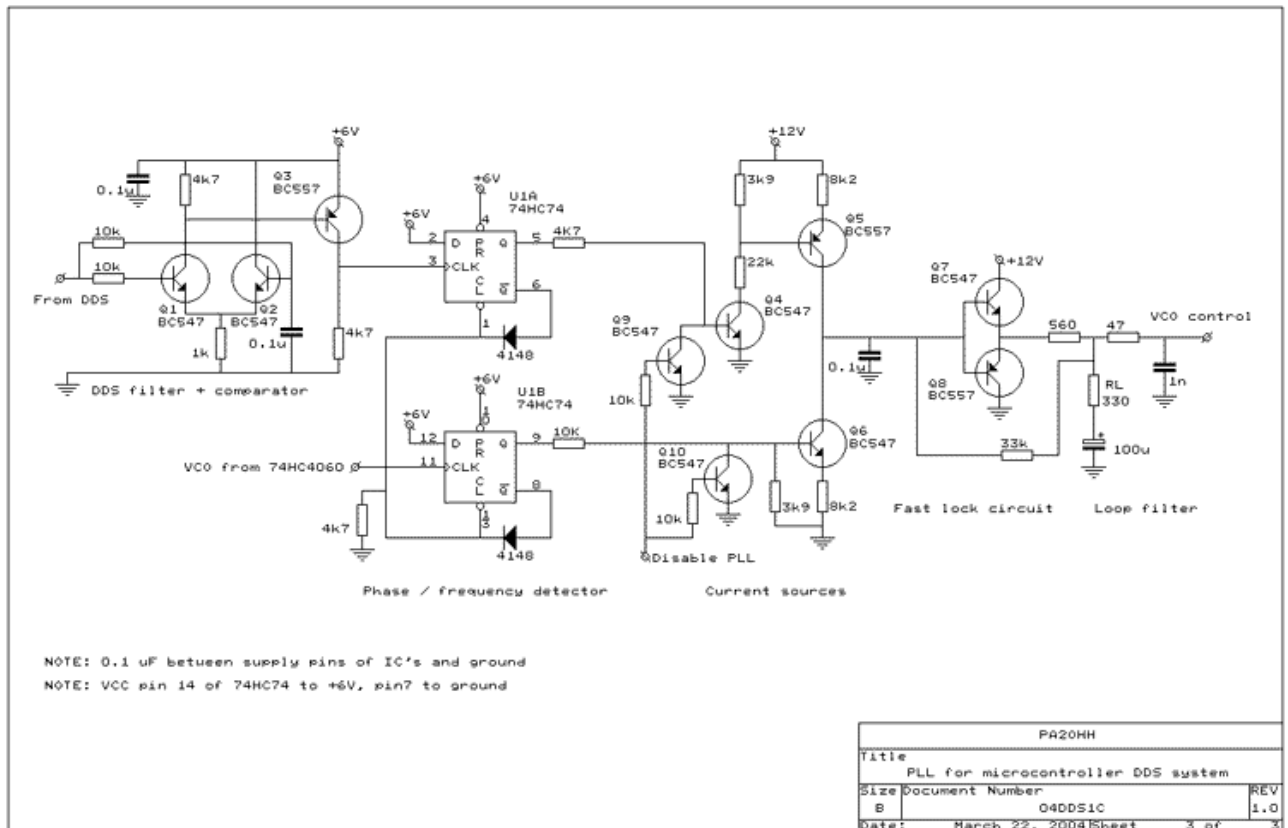
De VCO schakeling met de buffer/driver en de 128 deler

De VCO met de buffer/driver en de 128 deler.

Daar valt eigenlijk heel weinig over te vertellen. De VCO is een gewone transistor oscillator en met een schakelaar kunnen twee frequentie bereiken worden gekozen. De VCO is gebufferd met een 74HCU (misschien kun je ook een 74HC04 gebruiken) en de 74HC4060 deelt het VCO signaal door 128. Dit signaal gaat naar het PLL circuit. Voor gebruik als VFO met een frequentie bereik van 5 tot 5,5 MHz wordt d.m.v. een schakelaar een extra capaciteit parallel aan de BB212 geschakeld (niet getekend in het schema). De spoelen zijn gewikkeld op restjes van de ingekorte plastic as van een potentiometer. Ze zijn gefixeerd met behulp van een lijmpistool om microfonie door trillingen te voorkomen.

De alternatieve PLL

Daar valt juist heel veel over te vertellen maar laten we toch maar proberen het kort te houden. In plaats van een kleine speciale chip is de PLL opgezet met discrete componenten. Zo ontstaat een zeer universele schakeling zonder moeilijk verkrijgbare onderdelen waarmee prima kan worden geëxperimenteerd. Alle punten van de PLL zijn bereikbaar en de componenten kunnen gemakkelijk worden gewijzigd of vervangen door alternatieven!



(04dds1cbig.gif)

De PLL met discrete componenten, zeer geschikt voor experimenten.

De transistoren Q1, Q2 en Q3 vormen een versterker / comparator. Je zou hier heel goed een operationele versterker voor kunnen gebruiken. U1A en U1B vormen de bekende schakeling die je altijd weer in diverse varianten terugvindt in PLL schakelingen. Wanneer de VCO gelocked is gedraagt deze zich als een fase detector. Wanneer de VCO niet gelocked is dan is deze schakeling plotseling een frequentie detector geworden. Lees de amateurboeken maar eens na op de werking ervan. De transistoren Q5 en Q6 zijn stroombronnen die de 0.1 uF condensator opladen of ontladen, afhankelijk van de signalen van de fase / frequentie detector U1A en U1B. Q4 is een inverter. Q9 en Q10 zijn toegevoegd om de stroombronnen van de PLL kortstondig uit te schakelen wanneer de microcontroller even geen tijd heeft om een perfect DDS signaal te leveren. De 33k weerstand tezamen met de 100 uF elco en RL vormen het loopfilter. Verlagen van RL vermindert de spurious zijbanden (een halvering van RL doet ze met 6 dB afnemen) maar vermindert ook de snelheid van de regellus. Hiermee experimenteren kan zeker nuttig zijn. De transistoren Q7 en Q8 versnellen het locken van de VCO maar zonder deze transistoren zal de schakeling na enige tijd ook gaan locken.

Ton bedankt!

Graag wil ik Ton bedanken voor het publiceren van zijn unieke schakeling waarmee ik veel plezier heb beleefd.

73,

Onno Hoekstra, PA2OHH