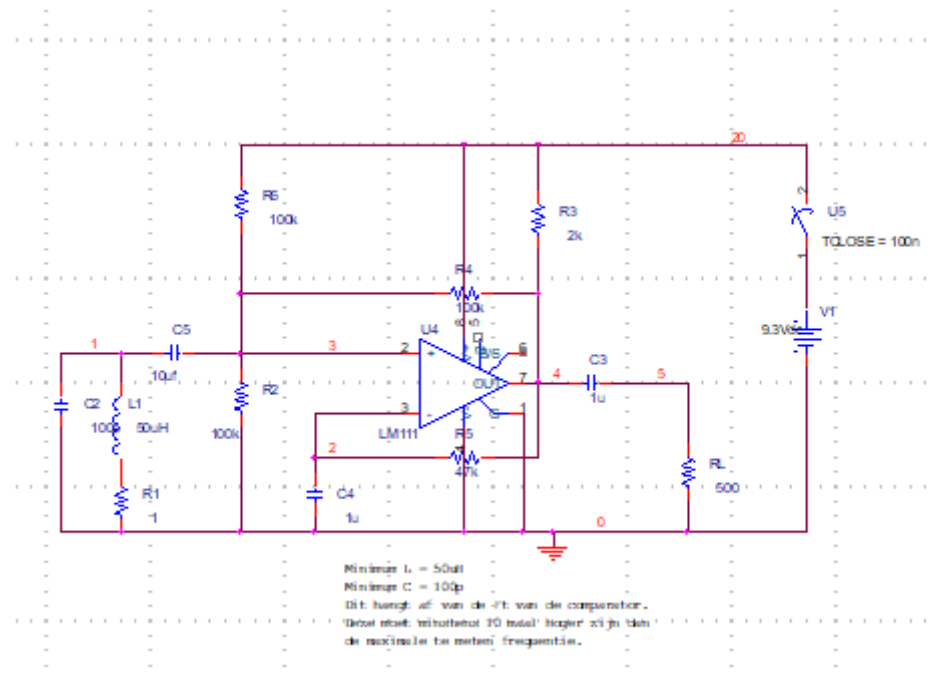


1	Contents	
2	Start problemen.	2
3	Continu oscilleren.....	2
4	Metten van kleine capaciteiten of spoelen.	3

Eenvoudige LC meter met LM111 of AD8099



Figuur 1

In Figuur 1 is een eenvoudige LC meter afgebeeld. Het principe is een Schmitt trigger rond een comparator. Maar toch niet helemaal. Bekijk de RLC (C2,R1,L1 en C5) input die is verbonden met de Schmitt trigger weerstanden en aan de + input van de comparator.

Normaal is de input verbonden aan de -input. Dit is verder uitgelegd in het hoofdstuk "Start problemen"

Deze Schmitt trigger is ingesteld op ongeveer 1/3 en 2/3 van de voeding door de drie weerstanden R6, R2 en R4. En R3 is er bijgevoegd omdat de comparator een open collector heeft.

Het omschakelniveau wordt bepaald door de spanning over de capaciteit van C4 Deze spanning loopt bij het opstarten op geleidelijk naar de helft van de spanning, maar daar door de RC combinatie van R5 (47k) en C4 (1uF) telkenmale C4 terug bijgeladen wordt en dan weer ontladen wordt via de uitgang van de IC (punt4) duurt het wel verscheidenen msec . (Deze RC tijd is ongeveer 47ms) vooraleer de schakeling in regime toestand werkt.

2 Start problemen.

Bij het inschakelen van de voeding moet de RLC kring (bestaande uit C2 en L1 en R1) een startpuls krijgen, via C5 (10uF) om te starten met oscilleren.

Na het inschakelen komt de spanning op punt 2 op DC gebied op 1/3 van de spanning. Immers de output van de comparator is nog op 0 volt maar ook de capaciteit C3 naar de belasting RL is nog niet opgeladen alsook C4. Langs de andere kant zal door de potentiometer deling van C5 en C2 omgekeerd evenredig de spanningspuls op punt 3 overgedragen worden zodat :

$$V1 = V_{cc}/3 (C5/(C5+C2)).$$

Noteer dat spoel L1 door deze plotselinge puls in eerste instantie een hoge weerstand heeft, immers $L = dV/dt$ en met dt zeer klein is dV zeer groot.

Deze V1 spanning is groter dan de spanning over C4 en daardoor zal de output ook positief worden en door de positieve mee-koppeling zal de uitgang positief stijgen. In het begin zal de output nog niet volledig hoog zijn vermits de condensator C3 nog moet opgeladen worden. De capaciteit C4 zal ook opgeladen worden maar door de grote RC tijd zal deze oplading slechts zeer langzaam gebeuren (met enkele micro Volts).

een halve trillings-periode later zal de lading op C2 zich ontladen over de spoel en de kleine weerstand en zelfs negatief doorslingeren. Hierdoor klapt de Schmitt trigger om en wordt de uitgangsspanning (bijna) gelijk aan 0 volt .

Noteer dat de doorslingering alleen kan gebeuren als de Q factor vele malen groter is dan dempingswaarde van $Q = 0.7$. Nu is $Q = R \cdot VC/L$ met R de totale impedantie van R2, R6 en R4.

Dit heeft als gevolg dat de spanning kleiner wordt dan spanning op punt 2 en dank zij de positieve mee-koppeling slaat de Schmitt trigger om en de uitgang gaat naar (bijna) Vcc spanning en alzo krijgt de trillingskring een nieuwe spannings-sprong in de tegenovergestelde richting zodat deze blijft oscilleren.

Noteer dat hoe kleiner de weerstanden R2, R4 en R6 zijn hoe groter de stroompuls voor de RCL trillingskring is en hoe groter de spanning over deze kring zal zijn. Deze weerstanden kunnen echter niet willekeurig gekozen worden. Te klein geeft een grotere impuls maar vermindert de Q-factor, en te groot vermindert de impuls en de grootte van de spanning en mogelijk door kleine storingen een slechte sinusvorm.

3 Continu oscilleren.

De uitgang van de comparator (punt 4) vertoont een blokgolf van grond tot bijna de voedingspanning, als R3 zeer groot is) met een periode die (natuurlijk) gelijk is met de trillingskring. Dit verloop is weergegeven in Figuur 2. Punt 2 daarentegen zal dank zij de lange RC tijd zich maar zeer weinig van spanning veranderen en bij het naar beneden komen van de LC kring wordt de uitgang van de Schmitt trigger naar (bijna) 0 volt gebracht. Opnieuw zal de spanning op punt 2 zich nauwelijks naar beneden gaan (enkele uVolts) maar de LC slingingering gaat gewoon verder tot het terug de spanning van punt 2 overschrijdt, en alles herhaald zich. Het verlies in de LC kring (ten gevolge van de weerstand) wordt telkenmale gecompenseerd via C5 (10uF) en de negatieve of positieve stroom door R2, R6, R4 combinatie.

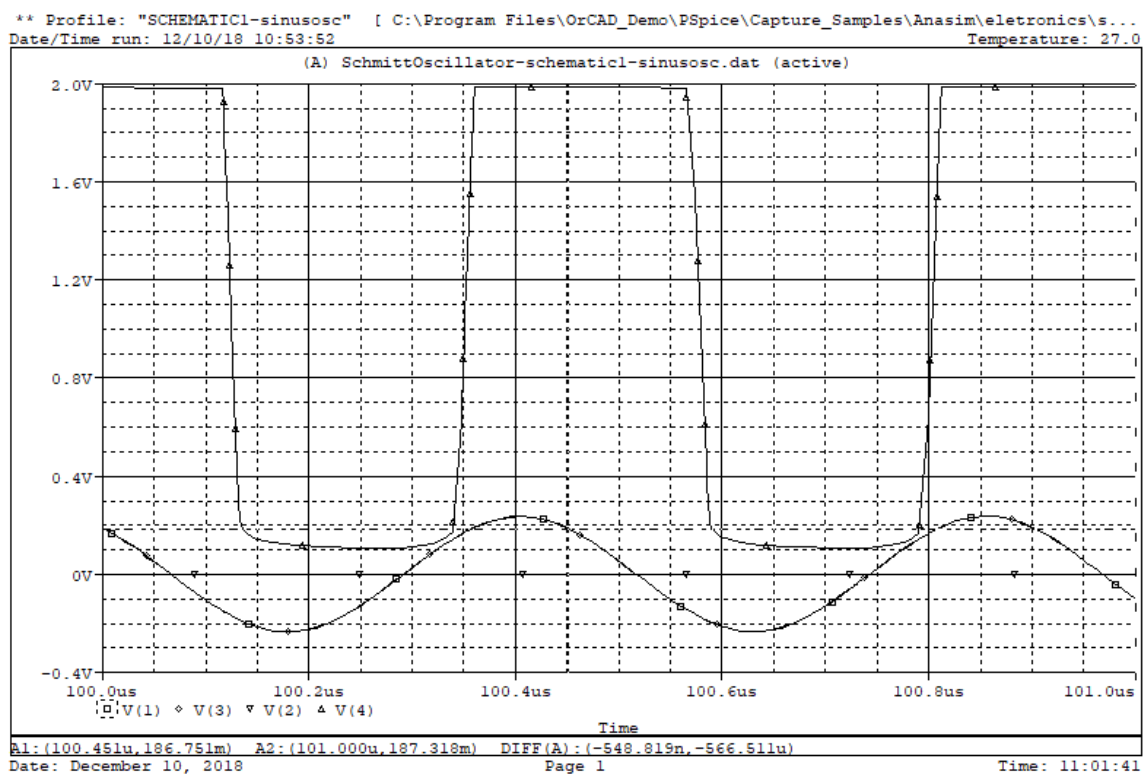
De uitgangsspanning is ongeveer gelijk aan de potentiometer deling van R3 en RL ofwel :

$$V_o = V_{cc} \cdot RL / (R3 + RL) \text{ vermits de impedantie van C3 veel kleiner is dan RL.}$$

Men zal er dus voor zorgen dat R3 zo klein mogelijk is en RL niet overdreven klein. Een goede compromis is $R3 = RL$ en rekening houden met de maximale stroom de comparator kan leveren.

4 Meten van kleine capaciteiten of spoelen.

Wanneer men de comparator vervangt door een zeer snelle comparator zoals de AD8099 die tot meer dan 100 Mhz kan volgen kan men dus ook rechtstreeks capaciteiten tot 10pf mee meten alsook spoelen tot 50 nH. Een extra weerstand (R3) kan zelfs weggelaten worden omdat de uitgang geen open collector uitgang is.



Figuur 2

Aan de uitgang kunnen we dus een frequentie teller aansluiten en wanneer één van de twee elementen een gekalibreerde waarde heeft (b.v. 1uF voor C2) dan kan met de formule

$f = 1/(2 \cdot \mu \cdot \sqrt{L \cdot C})$ L uitgerekend worden wat L is, en indien er een gekalibreerde spoel (b.v. L = 100uH) dan kan met dezelfde formule C uitgerekend worden.

De limieten zijn dat de maximale frequentie kleiner moet blijven dan ongeveer 1/10 van Ft van de comparator. (Ft = maximale frequentie waar de versterking van de IC gezakt is tot 1) Deze ligt meestal in de orde van 5Mhz, maar voor een AD8099 is dat 200 Mhz.

Om toch zeer kleine capaciteiten te meten kan men deze kleine capaciteit parallel schakelen met een gekalibreerde capaciteit (van bv 10uF) en natuurlijk een gekalibreerde spoel (van bv 100uH).

Voor kleine spoelen te meten kan men deze in serie met de gekalibreerde spoel plaatsen. Wel moet men er rekening mee houden dat deze twee spoelen "los" met elkaar gekoppeld zijn, dit wil zeggen dat er geen magnetische flux tussen de twee spoelen mag ontstaan (door ze bv in een kooi van Faraday te plaatsen).

Het rekenwerk is dan wel iets ingewikkelder, maar een formule uitwerken met een rekenmachientje is toch maar kinderspel. Desnoods kan men de frequentie teller vervangen door een (Arduino) microprocessor die dan fungeert als frequentie teller en rekenmachine en de capaciteit waarde of inductie waarde op een display laat zien.

Maar deze schakeling kan geen zeer kleine capaciteiten of kleine spoelen direct meten, omdat de Ft van de LM311 veel te klein is (slechte enkele Mhz). De truc om kleine spoelen in serie te plaatsen met een groot spoel (bijvoorbeeld 10uH) is in theorie mogelijk maar een afwijking van de grote spoel door bijvoorbeeld temperatuur schommelingen of vochtigheid zal veel sterker doorwegen dan de afwijking van de zeer kleine spoel (bv 0.01uH) zodat een juiste aflezing niet mogelijk is. Zo ook voor het meten van kleine capaciteiten.

Maar voornamelijk zoals hier in dit artikel al aangehaald moet men er degelijk rekening mee houden dat de spoelen voldoende uit elkaar zijn zodat geen wederzijdse inductie kan ontstaan. En wie kan dat met zekerheid meten?

Jan Spaenjers