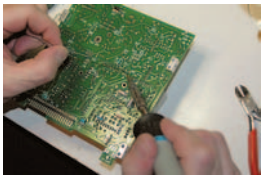
Direct Reading Q-meter

Deel 2

2nd Prize UBA Homebrew Challenge 2008-2009



Bij de bouw van de screwdriver-antenne (1ste prijs UBA Homebrew Challenge 2008) is gebleken dat de problematiek rond de kwaliteit van de loading coil niet mag onderschat worden. Een logisch vervolg en ook een noodzaak drong zich op, namelijk: hoe de kwaliteit en de gebruikte spoel evalueren? Dit werd de start van een nieuw clubproject: de bouw van een eenvoudige, nabouwbare Q-meter.

Digitale Q-meter

Fig. 19. De ON7CH Q-meter met digitale uitlezing en analoge afstemming.

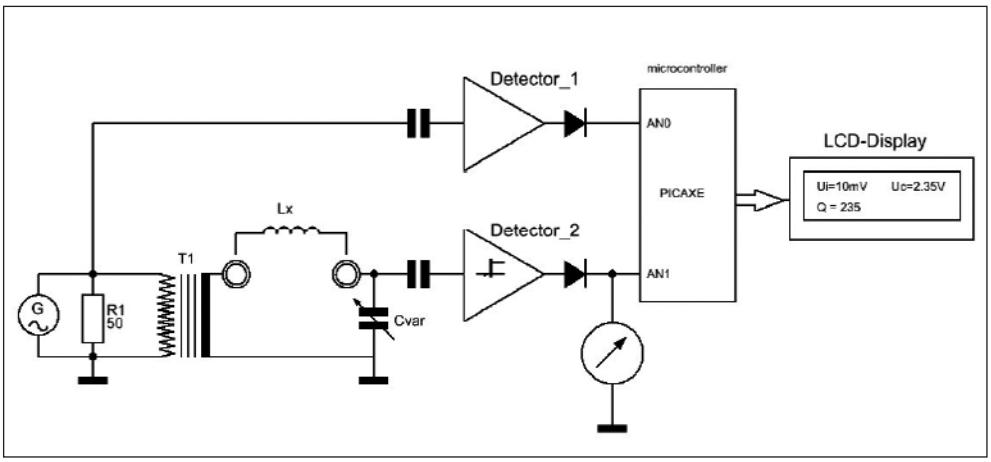
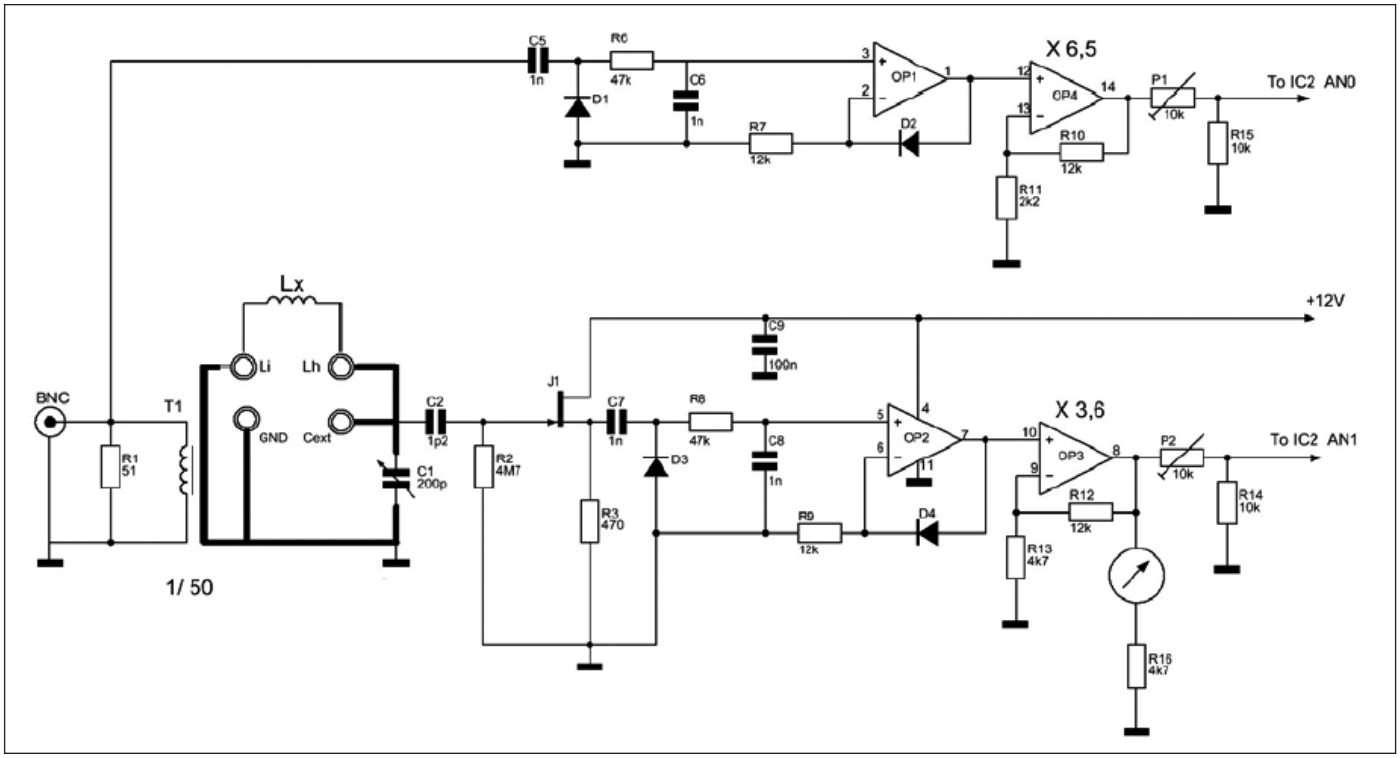


Fig. 20. Het blokschema van de digitale Q-meter.

Zie **figuur 20** voor het blokschema. Via transfo T1 wordt de trillingskring bestaande uit de te meten spoel L en de variabele condensator Cvar geëxciteerd. De generatorspanning Ug wordt via detector_1 door het analoog ingangskanaal AN0 gemeten. De condensatorspanning Uc wordt via detector_2 door het analoog ingangskanaal AN1 gemeten. De microcontroller berekent uit beide gedigitaliseerde spanningen de Q van de spoel (verhouding Uc/Ug).

De basiscomponenten zoals hiervoor in de theoretische beschouwing beschreven, vinden we in het analoog gedeelte van het schema terug (**figuur 21**).

Fig. 21. Schema analoog gedeelte digitale Q-meter.



Een RF-signaalgenerator werd niet in de Q-meter geïntegreerd. Een DDS-generator, zoals in de miniVNA of andere gelijkaardige apparaten, is uitermate geschikt om de breedbandtransfo aan te sturen. De miniVNA heeft een HF-uitgangsniveau van 0 à -2 dBm.
Door het gebruikte meetprincipe is de uitgangsspanning niet kritisch.

Om de belasting op de LC-kring zo laag mogelijk te houden, wordt een FET-buffer in sourcevolger gebruikt. Voor de diodes D1 t.e.m. D4 worden best germanium puntcontactdiodes gebruikt. Testen tonen aan dat - in tegenstelling tot de theorie - germaniumdiodes quasi een nul 'turn on' spanning bezitten als hun belasting voldoende hoog is. Hieraan wordt voldaan door de detector aan te sluiten op de + ingang van de opamp. De niet-lineaire karakteristiek van de germaniumdiode wordt gecorrigeerd door eenzelfde diode op te nemen in de terugkoppeling van de opamp. De HF-detector is een combinatie van een klassieke diode-peakdetector afgesloten met een eerste opamp. Een tweede opamp verzorgt het lineariseringscircuit (ref. John Grebenkemper KI6WX).

Detector_1 meet de generatorspanning welke door de µC wordt gebruikt als referentiespanning Ug voor de berekening van de Q-factor. De scaling factor is zo ingesteld dat de spanning naar de AD-converter van de µC binnen zijn volledige 5V-bereik valt. De maximum generatorspanning is +10 dBm of 707 mV. De versterking van OP4 wordt ingesteld op 6,5. Dan is de maximumspanning op AN0=0,707 x 6,5=4,6 V. Op het display wordt de geïnjecteerde spanning weergegeven. Voorbeeld: Ugen=500 mV geeft op het display Ugen/50 à 10 mV.

Detector_2 meet de condensatorspanning Uc bij resonantie. De gate van de FET-buffer is met 1,2 pF gekoppeld aan de variabele condensator van de trillingskring. Samen met de ingangscapaciteit van de FET bekomt men een capacitieve spanningsdeler. Door de versterking van OP2 op 3,6 in te stellen, blijft de spanning aangeboden aan de µC onder 5 V. Via de software komt een foutboodschap op het display als de spanning boven 4,5 V stijgt. Om gemakkelijk de resonantiepiek te vinden, is een draaispoelmeter voorzien op de uitgang van deze detectiekring.

De twee detectorkringen geven respectievelijk de injectiespanning Ug (Ugen/50) en de opgeslingerde resonantiespanning Uc af. Uit deze twee spanningen wordt in de µC de verhouding Q=Uc/Ug berekend.

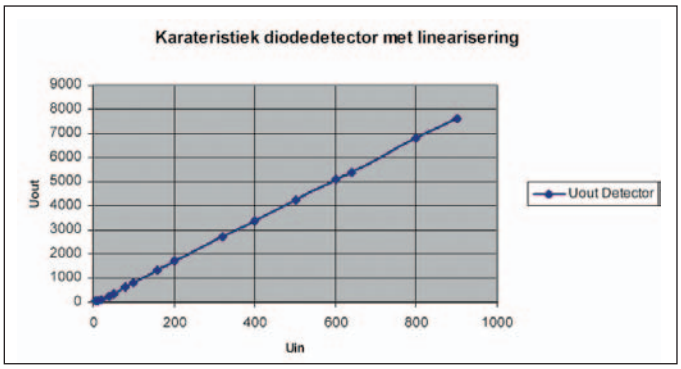


Fig. 22. Resultaat diodedetector met linearisering.

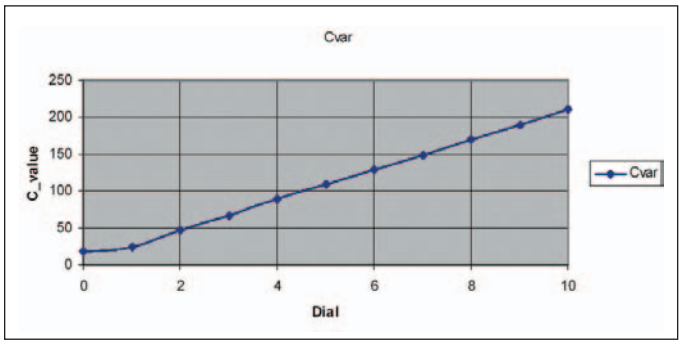


Fig. 23.

Een signaal van 1 MHz kan gebruikt worden om de Q-meter af te regelen.

1) P1
   - sluit een HF-signaal van 500 mV (+7 dBm) aan op de BNC-connector
   - regel P1 tot Ui = 10,0 mV op het LCD-display
   - → OK

2) P2
   - sluit een signaal van 3,00 V op het LCD-display aan op de klem Lx
   - regel P2 tot Uc = 3,00 V is op het LCD-display
   - → OK

Voor het 1 MHz signaal van 3 V wordt een LF-generator gebruikt. Deze kunnen meestal spanningen tot 5 V / 2 MHz leveren.

De direct reading Q-meter is nu klaar voor gebruik. De generatorspanning is niet kritisch en mag liggen tussen -10 en +10 dBm.
Door de generatoringangsspanning te halveren wordt het meetbereik verdubbeld.

Via de grafiek in **figuur 23** kan de waarde van Cvar afgelezen worden, bijvoorbeeld om de L-waarde van de spoel te berekenen.

Zie **figuur 24** voor het schema van het microcontrollergedeelte van de Q-meter. De microprocessor werd gekozen uit het gamma van de PICAXE. Deze zijn iets duurder, maar bezitten een BASIC interpreter en bootloader. Het schrijven de software en het laden van de applicatie in de µC worden sterk vereenvoudigd. Programmeren kan eenvoudigweg via de RS232 seriële poort. De ontwikkelomgeving is gratis te downloaden via www.rev-ed.co.uk/picaxe/.

De PICAXE-28X1 heeft de volgende I/O aan boord:
- PORTA (pin 2 to 5): 4 analoge inputs
- PORTB (pin 21 to 28): 8 vaste outputs
- PORTC (pin 11 to 18): 8 digitale inputs.

Fig. 25. Q-meter + miniVNA

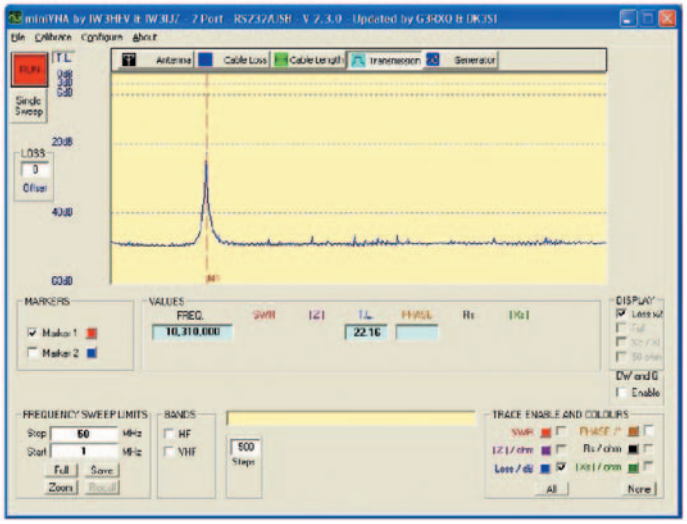


Fig. 26. Resonantiepeak bepalen met miniVNA via oppikspoel.

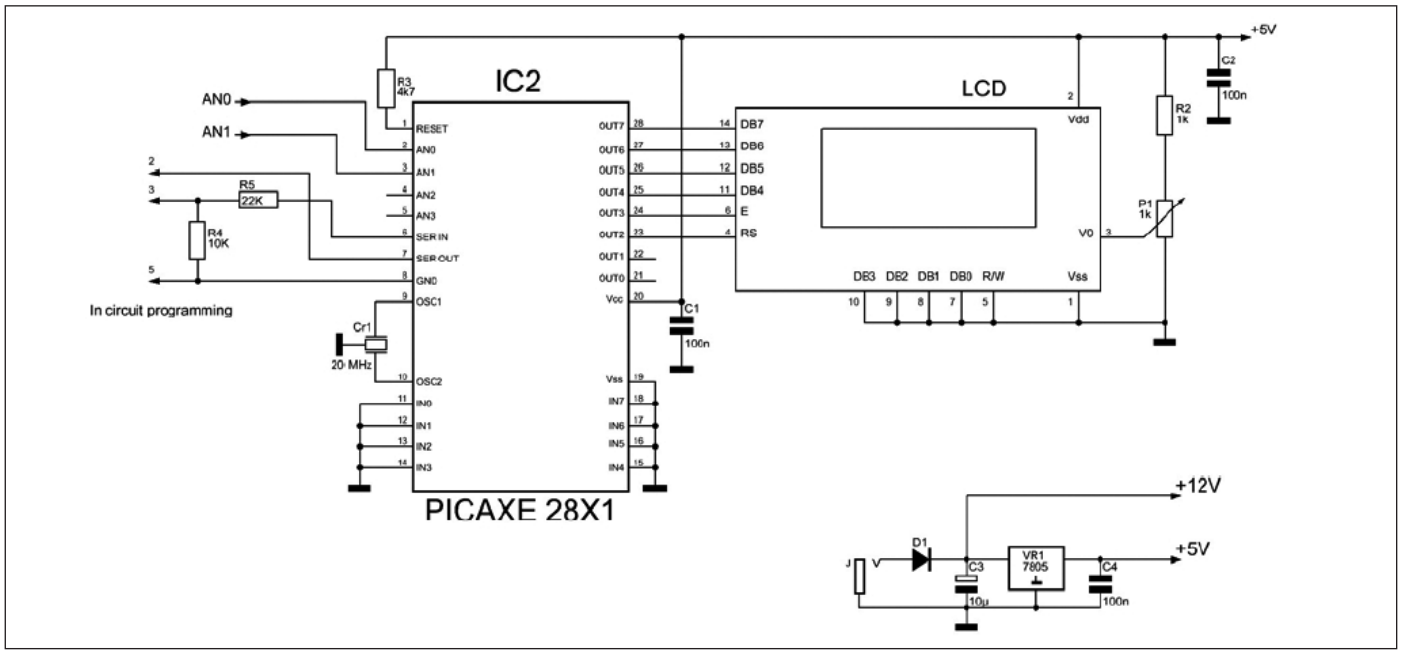


Fig. 24. Schema microcontroller digitale Q-meter"

De Q-meter laat zich handig combineren met de miniVNA. Als in transmission-mode (wobbulator) de DET-ingang van de miniVNA voorzien wordt van een oppikspoel, kan de resonantiefrequentie gemakkelijk bepaald worden door de oppikspoel in de nabijheid van het DUT te plaatsen. In generatormode kan gemakkelijk de Q-factor gemeten worden (**figuur 26**).

Stuklijsten

Stuklijst analoge Q-meter	
BNC-connector	2 x
Variabele luchtcondensator	Met zo hoog mogelijke Q (sleepringen, teflon, …)
C1,6,10,11,12,19,20	100n
C2	1p2
C3,5,7,9	10n
C4,8	330p
C16,18	10µ
OP1	OPA656
OP2	TL062
IC1,2	AD8307
draaispoelmeter	100µA
P1	5k
R1,6,7	51
R2	4M7
R3,4,8	4R7
R5	8k2
VR1	7805
VR2	7905
behuizing	uit geleidend materiaal (bv. printplaat)
verzwakker	Goed afgeschermde 20 dB verzwakker (commercieel of zelfbouw)
transformator	Zie tekst
montagemateriaal	
De OPA656 en AD8307 werden als samples besteld. Al het andere materiaal was recuperatie uit de junkbox. Indien toch nieuw materiaal zou gebruikt worden, heeft men nog steeds een meettoestel met goede prijs/kwaliteitsverhouding.	

Stuklijst digitale Q-meter	
Analoog gedeelte	
BNC	BNC-connector, chassisdeel
C1	regelbare condensator 200p
C2	1p2
C5, C6, C7, C8	1n
C9	100n
D1, D3, D3, D4	germaniumdiode 1N34A
J1	FET BF256
OP1, OP2, OP3, OP4	LM324
P1, P2	trimpotmeter 10k
R1	51
R2	4M7
R3	470
R6, R8	47k
R7, R9, R10, R12	12k
R11	2k2
R13, R16	4k7
R14, R15	10k
T1	Breedbandtransfo (zie tekst)
Digitaal gedeelte	
LCD-display	2 regels met 16 karakters, bijv. LM16251/1252 of compatibel
C1, C3, C4	100n
C3	10µ
Cr1	keramische resonator 20 MHz met 3 pinnen
D1	1N4007
IC2	microcontroller PICAXE 28X1
J	1/4" mono
P1	1k trimpotmeter instelling contrast
R2	1k
R3	4k7
R4	10k
R5	22k
VR1	LM 7805 spanningsregelaar

Referentiemetingen

De verificatiemetingen van de opgeslingerde spanning zijn uitgevoerd door ON7CH met een millivoltmeter met hoogohmige probe R&S URV 4.

De Q-meter wordt gevoed met een externe generator (0 dBm). Uit metingen van de ingangsimpedantie (**figuur 27**) is gebleken dat een verzwakker aan de ingang noodzakelijk is, daar staande golven de meting verstoorden. Een verzwakker van 3 dB bleek voldoende. Een verzwakker van 20 dB is beter, zodat de Si570 rechtstreeks kan aangesloten worden.

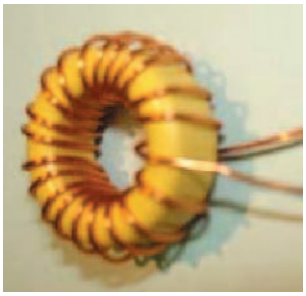


Fig. 28. Referentiespoel.

De referentiespoel (**figuur 28**) had bij 10 MHz een Q van 235. Meten we deze spoel met de VNA, dan bekomen we een Q=95 (figuur 29). Dit is te verklaren door het dempend effect van de coaxaansluiting. Dit bevestigt nogmaals dat de VNA de Q-meter niet vervangt voor onze typische radioamateurtoepassingen met spoelwaarden met hoge Q.

In de tabel van **figuur 30** werd de Q gemeten met de digitale Q-meter en vergeleken met de Q-bepaling aan de hand van de -3 dB punten:

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f1} \qquad Q = \frac{f_0}{B}$$

(wordt vervolgd)

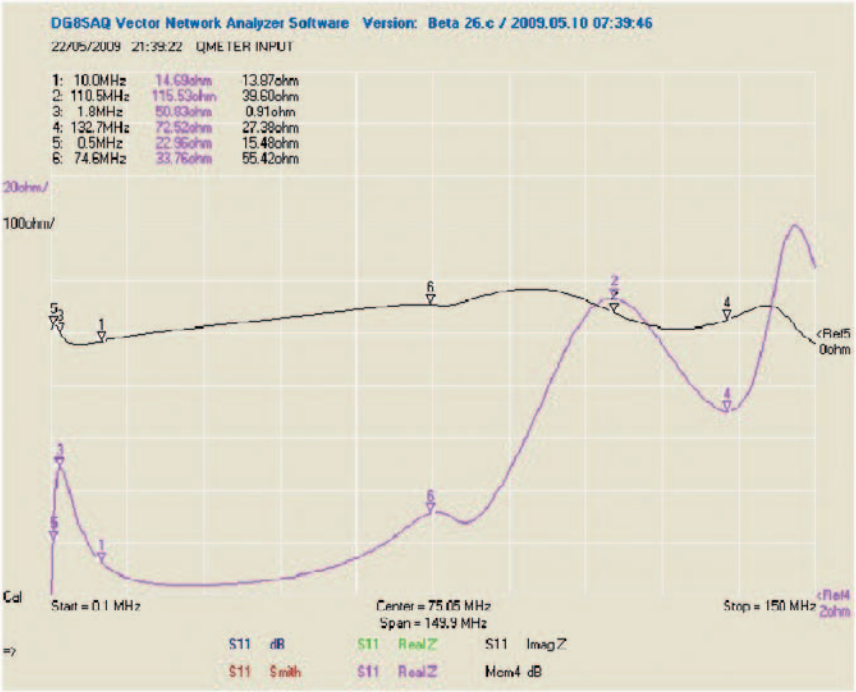


Fig. 27. Q-meter ingangsimpedantie

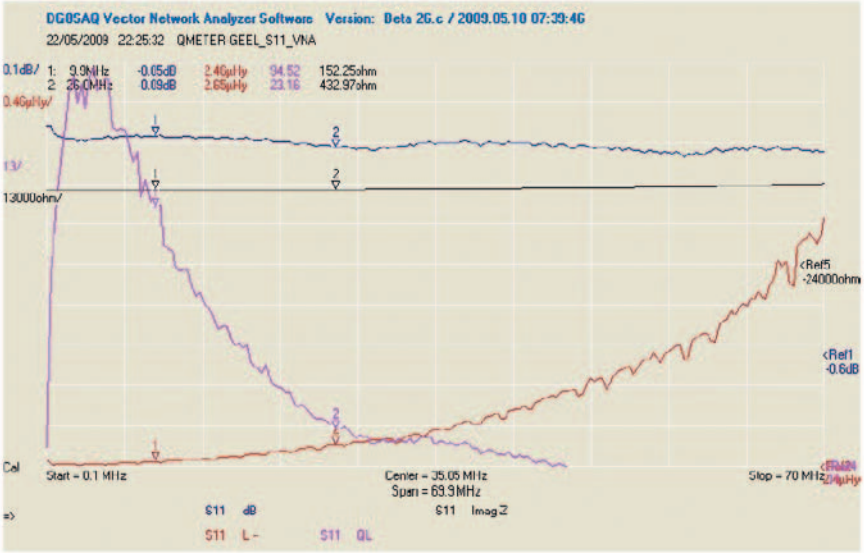


Fig. 29. Q-meting referentiespoel met VNA.

Vergelijkende meting Q-meter <--> Q uit bandbreedtemeting					
Frequentie	**Q-meter direct reading**	**Q bepalen via bandbreedte**	**Freq - 3dB_punt onder**	**fres**	**Freq - 3dB_punt boven**
Toriode T50-6 32 windingen					
7MHz	238	241	7,0209	7,0352	7,0501
10MHz	242	253	9,9845	10,0046	10,0241
16MHz	215	233	15,9637	16,0015	16,0323
Luchtspoel 8 wdngen diam. 30mm zie foto 1,15µH					
25MHz	330	345	24,9633	25,0021	25,0358

Fig. 30.