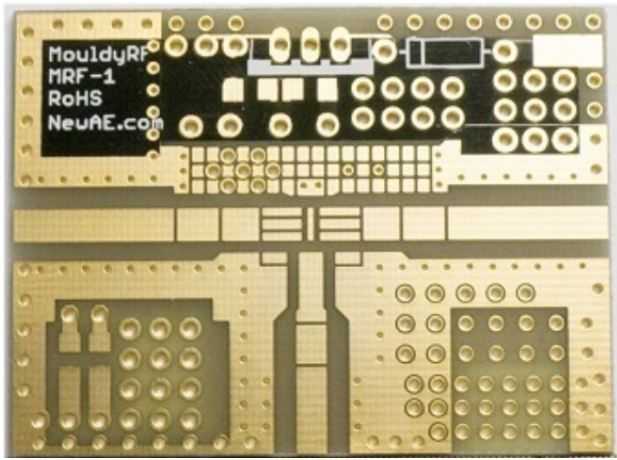
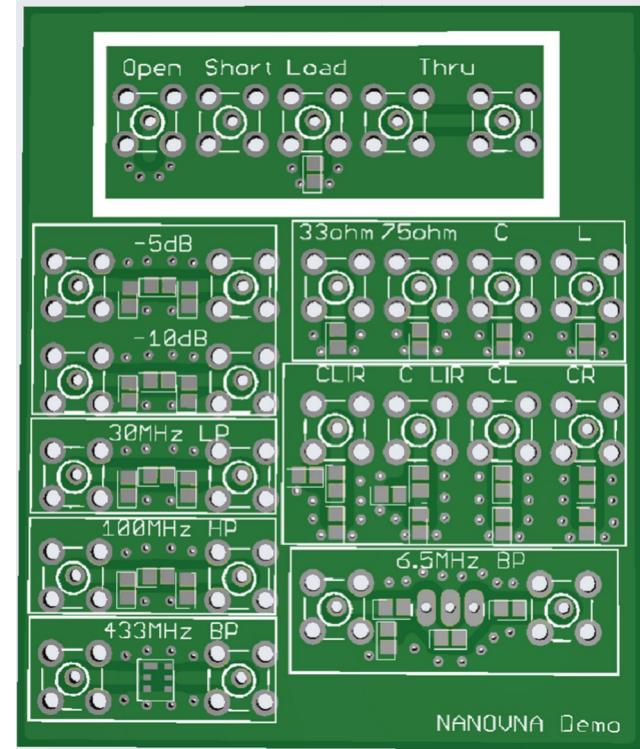




Lezing RF filters

Door: Corne Lukken (PD3SU)



Inhoudsopgave

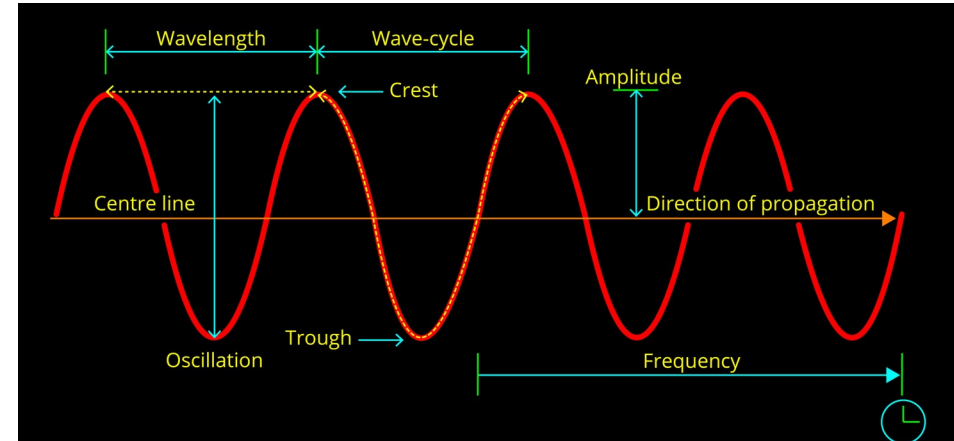
- 1) Wat zijn Filters
- 2) Soorten Filters
- 3) Componenten
- 4) Meten is weten
- 5) Berekenen & Simulatie

Doel

Het kunnen ontwerpen van RF filters voor HF, VHF, UHF en daarbij de juiste componenten selecteren. Het filter kunnen simuleren en bij de daadwerkelijk ontwikkeling kunnen meten, afstellen en itereren.

0. Achtergrond primer

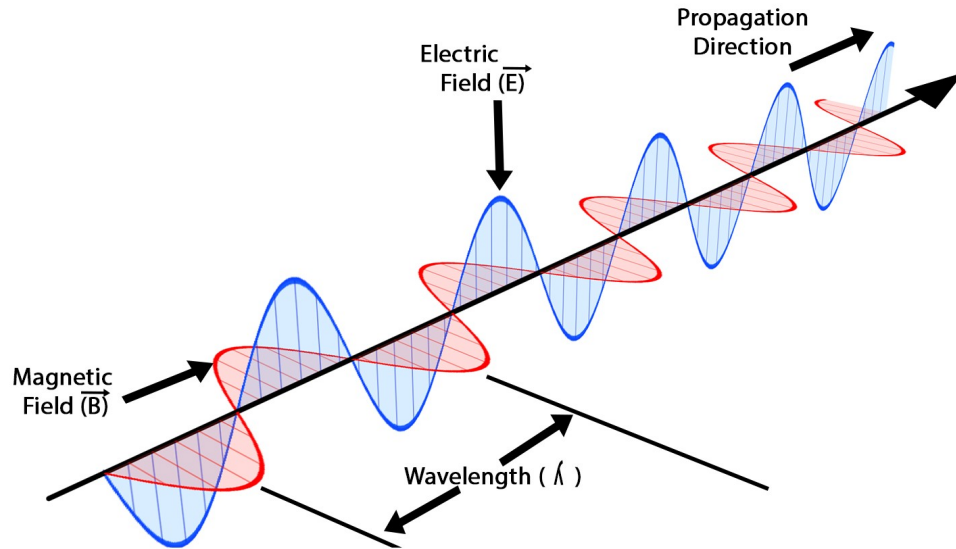
- Elektromagnetische signalen
- Het spectrum
- Weergave, plots, grafieken
 - Tijd vs amplitude
 - Frequentie vs amplitude
-



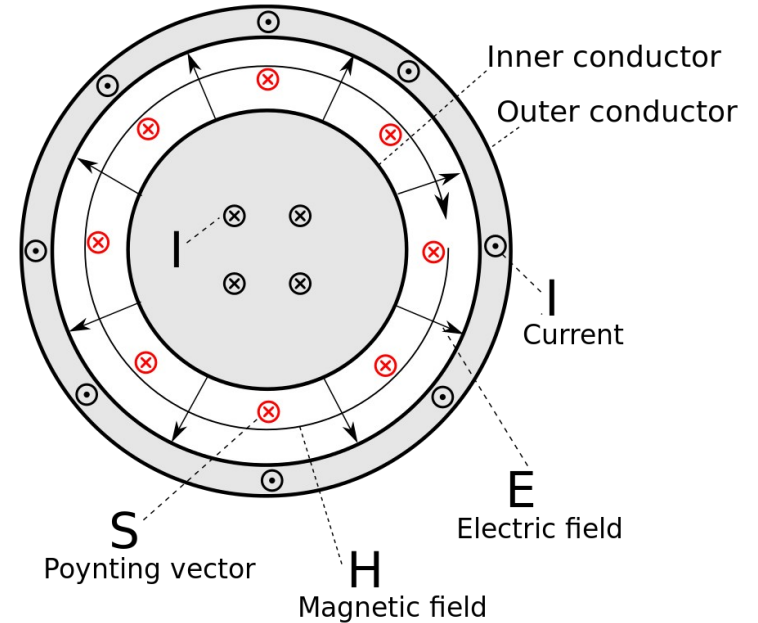
*Tijd vs amplitude
Concepten signalen*

0. Achtergrond primer

Electromagnetic Wave



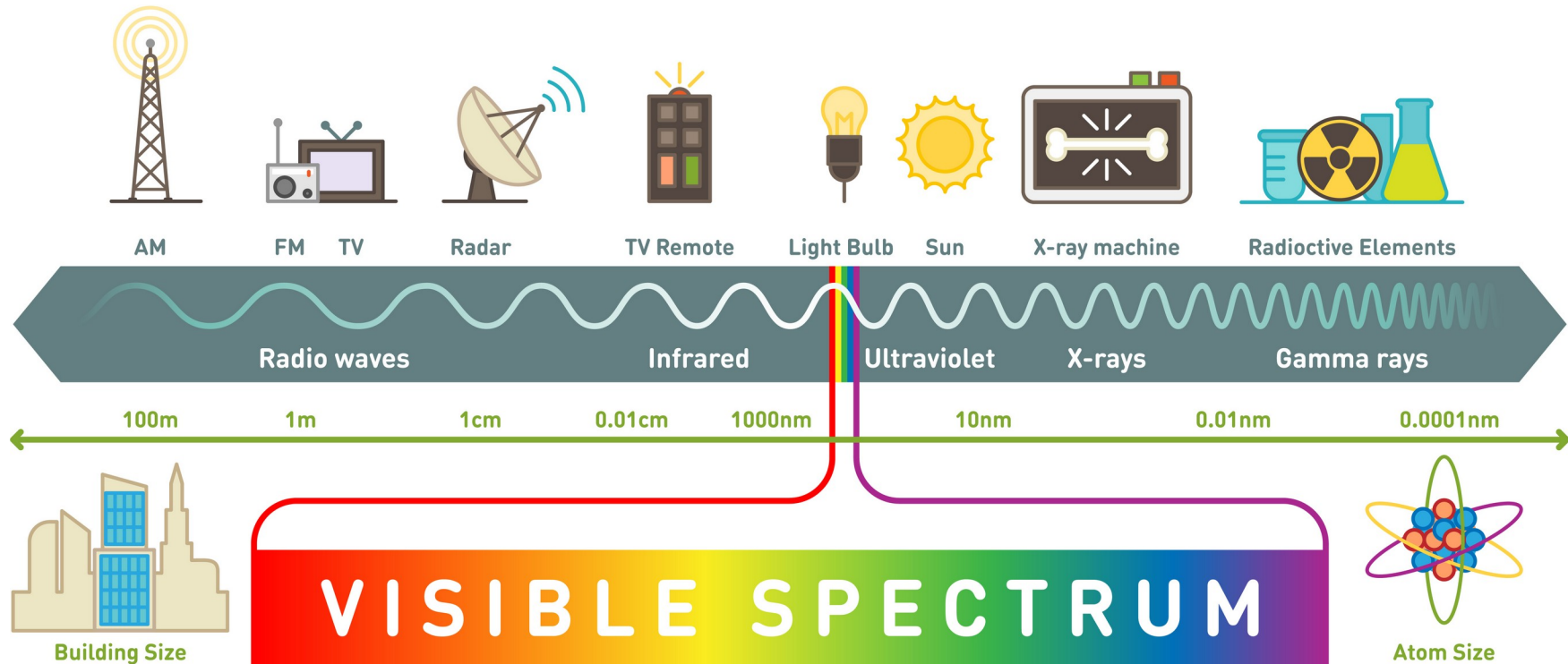
*Elektrische en parallelle
magnetische velden in vrije
ruimte*



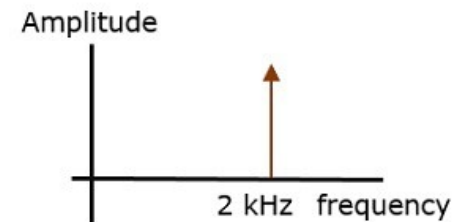
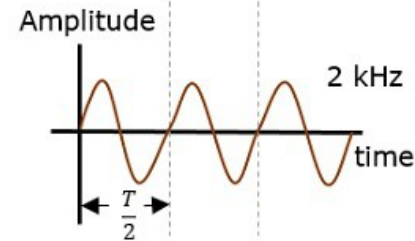
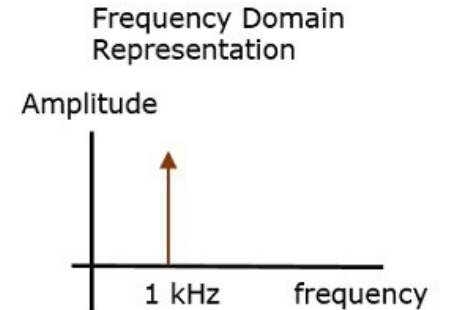
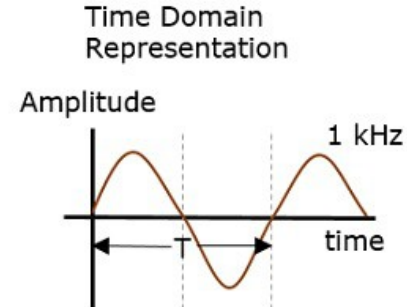
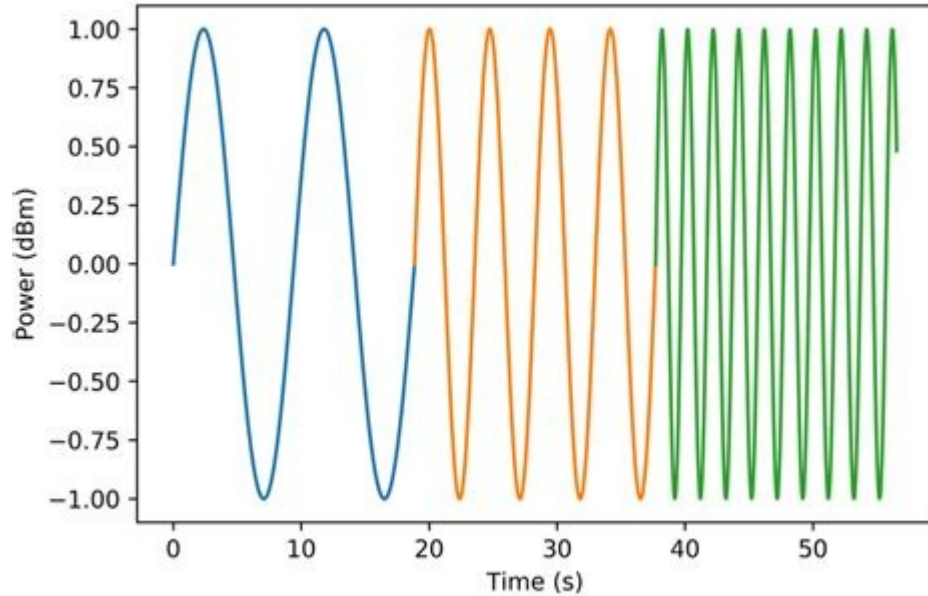
*Elektrische en magnetische
velden in coaxiale kabel*

0. Achtergrond primer

Electromagnetic Spectrum



0. Achtergrond primer



0. Achtergrond primer

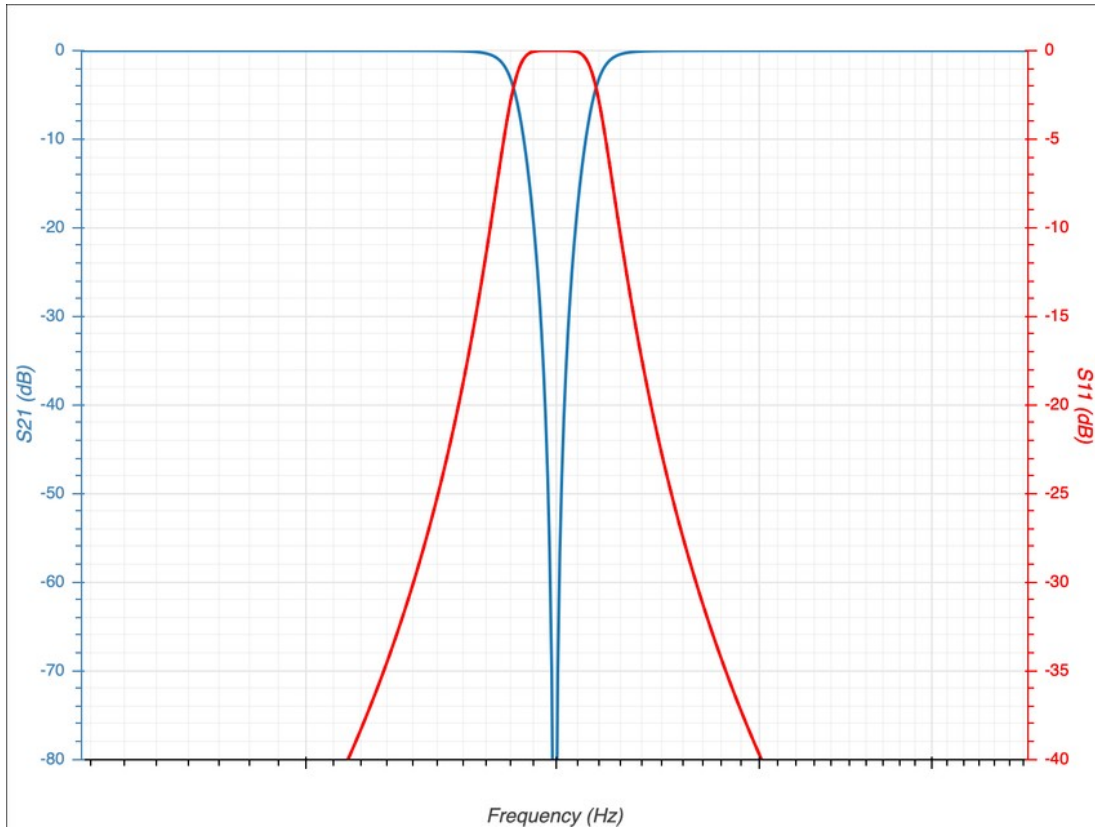


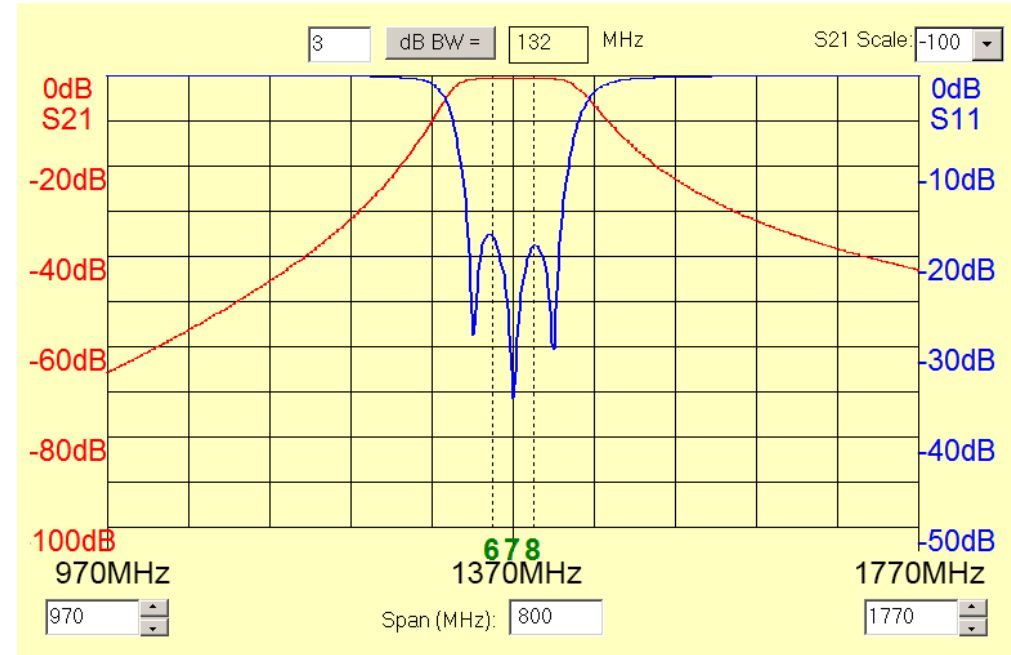
Table: Absolute power levels in dBm (de

Power in watts	Power in milliwatts	Power in dBm
1	1000	30 dB
0.1	100	20 dB
0.01	10	10 dB
0.004	4	6 dB
0.002	2	3 dB

1	0 dB
0.1	-10 dB
0.01	-20 dB
0.001	-30 dB
0.0001	-40 dB

1. Wat zijn Filters?

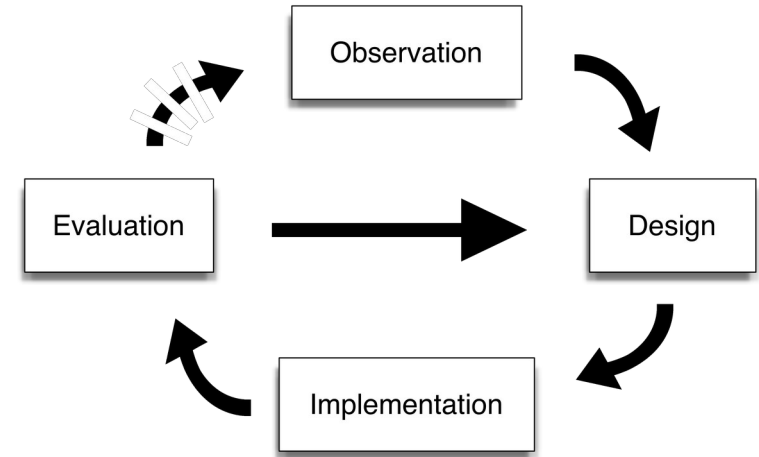
- Selecteer frequenties
 - Doorlaten
 - Reflecteren
- Vele toepassingen
 - Harmonische onderdrukken (if, mixers)
 - Zend & ontvang frequenties scheiden (repeaters)
 - Sterke zenders onderdrukken (p2000)



*Amplitude vs frequentie
diagram
(doorlatende + return loss)*

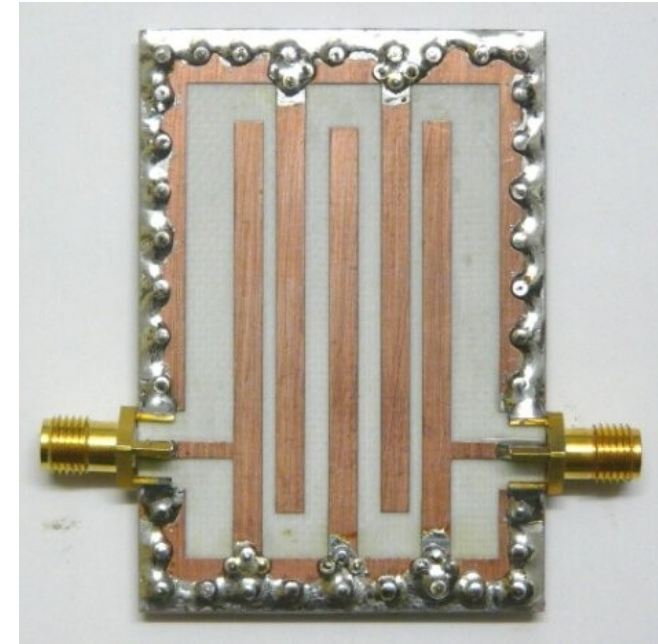
1. Wat zijn Filters?

- Het ontwikkel proces
 - We bouwen een filter voor een toepassing
 - 1) We berekenen waarde met modellen
 - 2) Simuleren ons filter op basis van onze huidige model
 - 3) Selecteer componenten
 - 4) Bouw het filter
 - 5) We meten de afwijkingen met het model
 - 6) We passen het model aan, ga terug naar stap 1



2. Soorten Filters - Overzicht

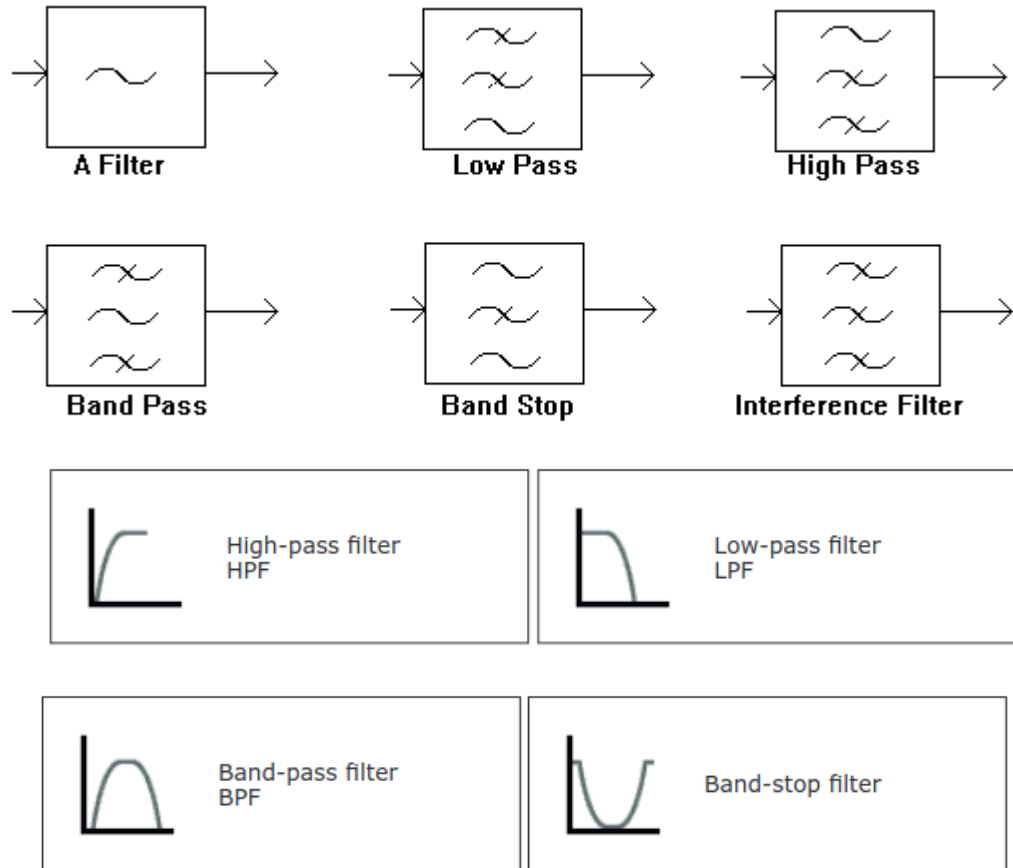
- 1) Soorten doorlating (laag / hoog)
- 2) Discrete component filters
- 3) Actieve filters
- 4) Microstrip filters
- 5) Crystal filters
- 6) Cavity filters
- 7) ~~SAW, YIG, BAW~~ filters



*Microstrip filter op hobby
materiaal*

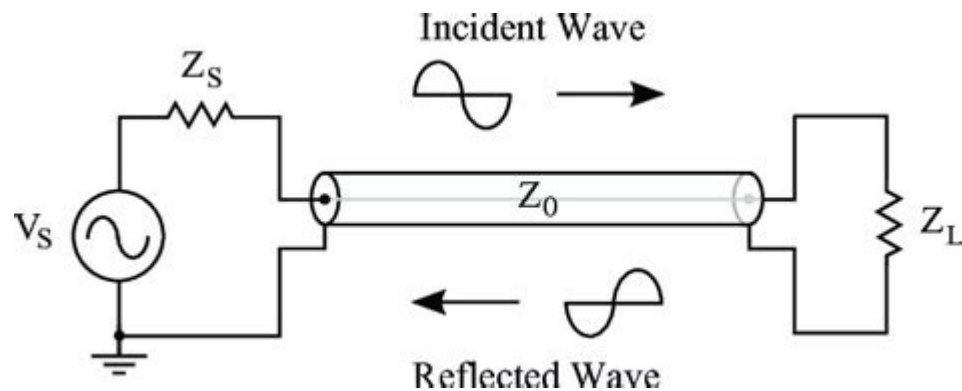
2.1 Soorten Filters - Doorlating

- Symbolen
 - 3 streepjes IEEE standaard
 - Amplitude vs frequentie symbolen
- Laagdoorlaat (LPF)
- Hoogdoorlaat (HPF)
- Banddoorlaat (BPF)
- Bandstop (BRF)
- ~~Alldoorlaat (Fase filter)~~



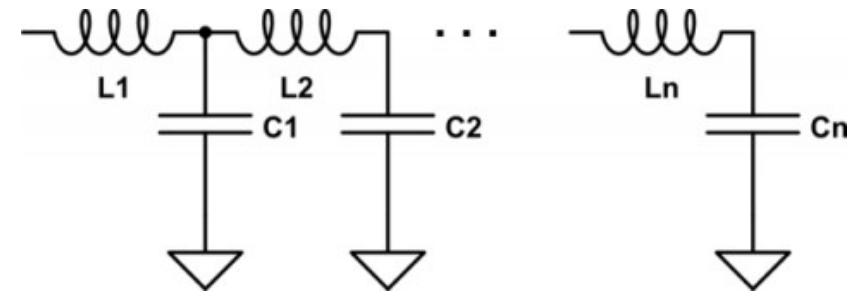
2.1 Soorten Filters - Doorlating

- Refleterend of absorberend
 - Return loss $RL(\text{dB}) = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_r}$
 - Hoeveel van het signaal terug gereflecteerd wordt
 - Afgeleide van SWR of reflectie coefficient
 - Filters in serie schakelen
 - Alle filters in deze lezing zijn reflecterend!
 - Absorberende filters:
 - “Reflectionless Filters” Matt Morgan



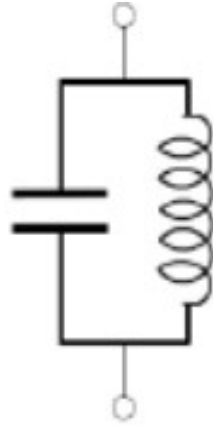
2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten

- Focus van deze presentatie
- Serie / parallel afhankelijkheid
- Vele reken modellen
 - Bessel
 - Chebyshev
 - Butterworth
 - Cauer



Voorbeeld discreet filter

2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten



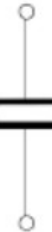
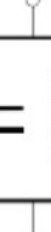
Bandstop of band doorlaat filter?

Tip: bedenk wat er gebeurt wanneer de stromen in de LC resoneren (heen en weer)

2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten

Serie

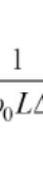
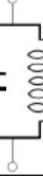
Parallel

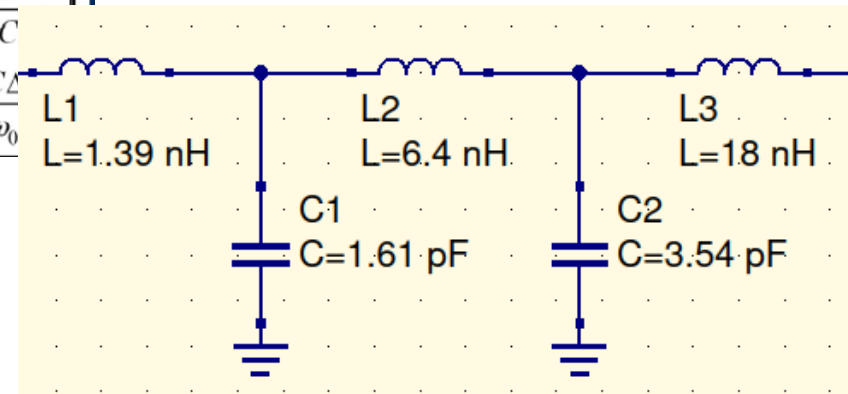
Low-pass	High-pass	Band-pass	Band-stop
 $\frac{L}{\omega_p}$	 $\frac{1}{\omega_p L}$	 $\frac{L}{\omega_0 \Delta}$ $\frac{\Delta}{\omega_0 L}$	 $\frac{1}{\omega_0 L \Delta}$ $\frac{L \Delta}{\omega_0}$
 $\frac{C}{\omega_p}$	 $\frac{1}{\omega_p C}$	 $\frac{C}{\omega_0 \Delta}$ $\frac{\Delta}{\omega_0 C}$	 $\frac{1}{\omega_0 C \Delta}$ $\frac{C \Delta}{\omega_0}$

2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten

Serie

Parallel

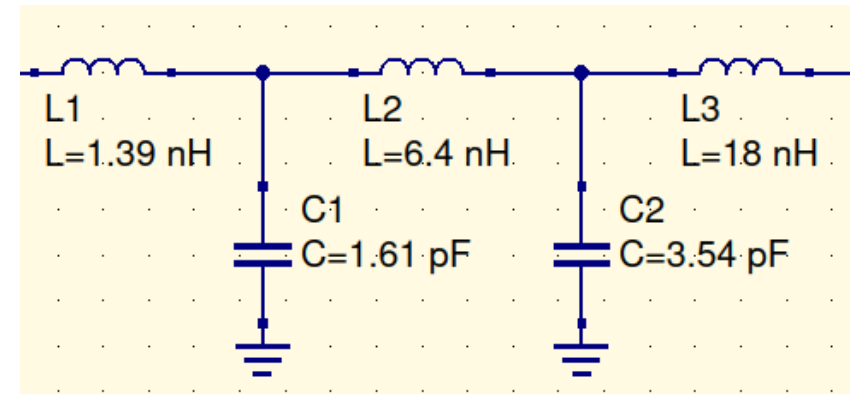
Low-pass	High-pass	Band-pass	Band-stop
 $\frac{L}{\omega_p}$	 $\frac{1}{\omega_p L}$	 $\frac{L}{\omega_0 \Delta}$ $\frac{\Delta}{\omega_0 L}$	 $\frac{1}{\omega_0 L \Delta}$ $\frac{L \Delta}{\omega_0}$
 $\frac{C}{\omega_p}$	 $\frac{1}{\omega_p C}$	 $\frac{C}{\omega_0 \Delta}$ $\frac{\Delta}{\omega_0 C}$	 $\frac{1}{\omega_0 C}$ $\frac{C \Delta}{\omega_0}$



Welk soort filter?

2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten

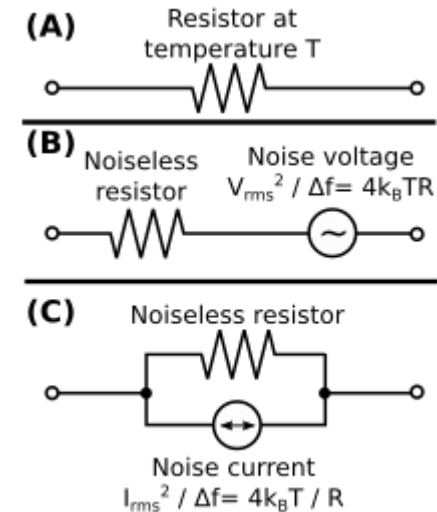
- Orde van filters
 - Herhaalbare bouwblokken
 - Aantal *reactieve* elementen is orde
 - Meer is scherpere overgang (Q)
 - Meer is hogere attenuatie
- Reken modellen minimaal 2de orde filter nodig



Welke orde is dit filter?

2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten

- Orde van filters, limieten & praktijk
 - Hogere orde filters, sneller instabiel
 - Ongewenste effecten
 - PCB & componenten
 - Directe instraling
 - Overkoppeling / overbrenging
- Natuurkundige fenomenen
 - Thermische ruis (Johnson-Nyquist)
 - -173.8 dBm @ 27 graden celsius



*Equivalent representaties
thermische ruisbronnen*

2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten

Bandstop / banddoorlaat filter demonstratie

2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten

- Reken modellen (transfer functions)

- Bessel

- Focus lineariteit fase verschuiving

- (inverse) Chebyshev

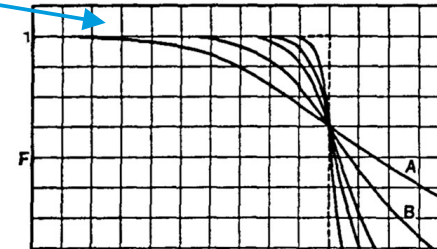
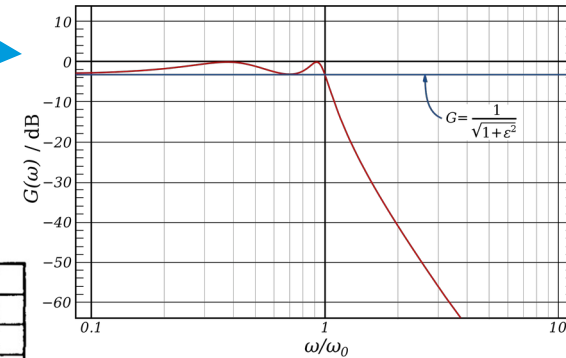
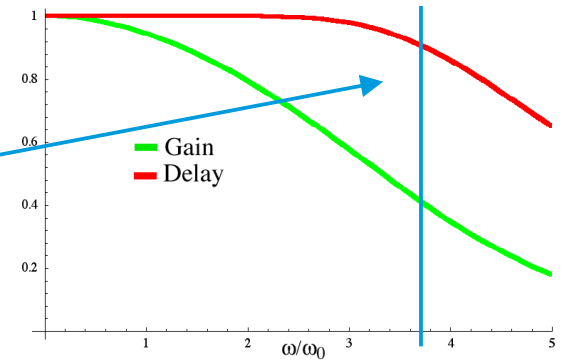
- Scherpere slope maar golven in doorlaat

- Butterworth

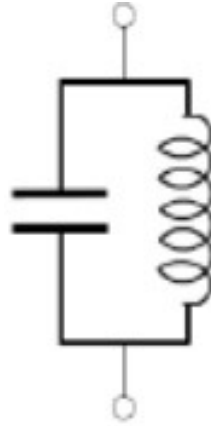
- Focus op platte doorlaat band

- Cauer

- Symmetrische doorlaat en stop band golven



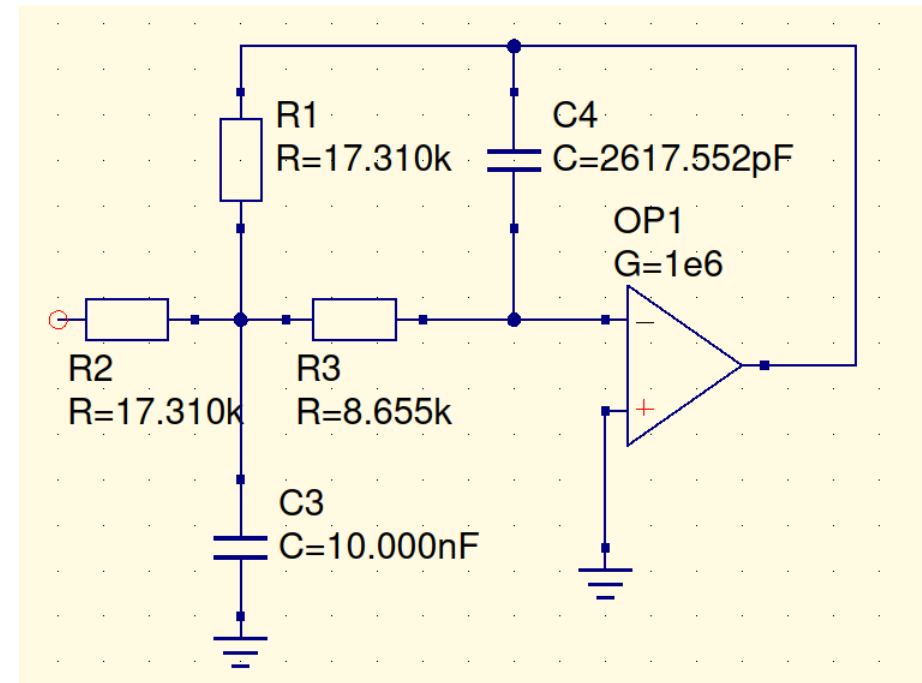
2.2 Soorten Filters – Discrete Componenten



Nu, detour in andere soort filters, verder niet belangrijk voor bouwen discrete filters.

2.3 Soorten Filters – Actieve Filters

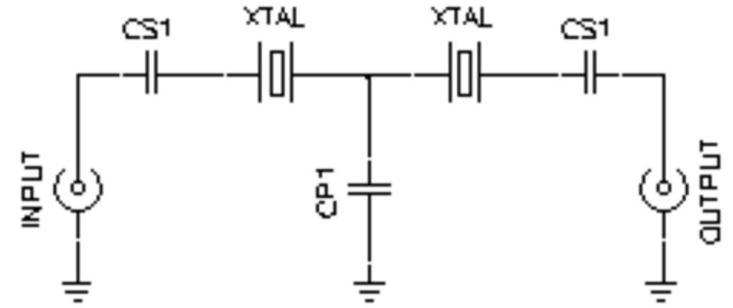
- Benutten non-lineaire interacties
 - Betere prestaties voor lagere ordes
 - Niet toepasbaar $> \sim 100$ KHz
- Herhaalbaar in stappen
 - 1 stap per *actief* element
- Actieve configuraties
 - Sallen Key (SK)
 - Multi Feedback Filter (MFB)



Laag doorlaat multi feedback filter

2.4 Soorten Filters – Crystal Filters

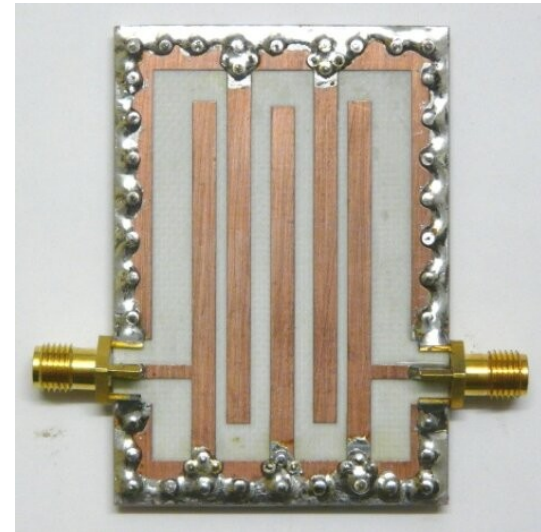
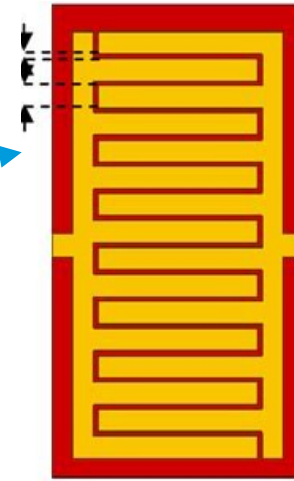
- Zeer smallbandig en erg scherp (hoge Q)
- Eenvoudig te fabriceren
- Minimaal verlies ~5 dB
- Beperkt aantal mogelijke frequenties



10 MHz bandpass

2.5 Soorten Filters – Microstrip Filters

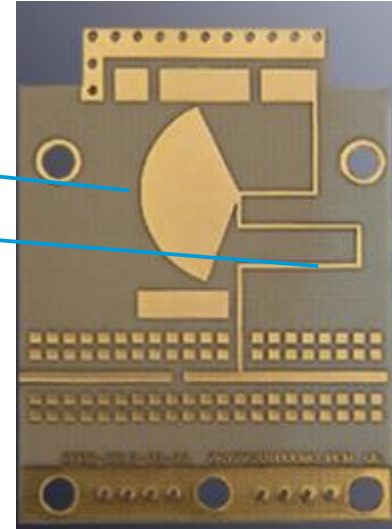
- Gebruik PCB als
 - Spoel (inductor)
 - Condensator
 - $\frac{1}{4}$ Golflengte stubs
- Voor hoge frequenties > 1 GHz
- Relatieve permittiviteit PCB (ϵ_r)
 - Kritisch voor berekeningen
 - FR4 heeft circa 4.5 / 4.7 ϵ_r
 - Ook wel 'dielektrische constante'



Comblin filter

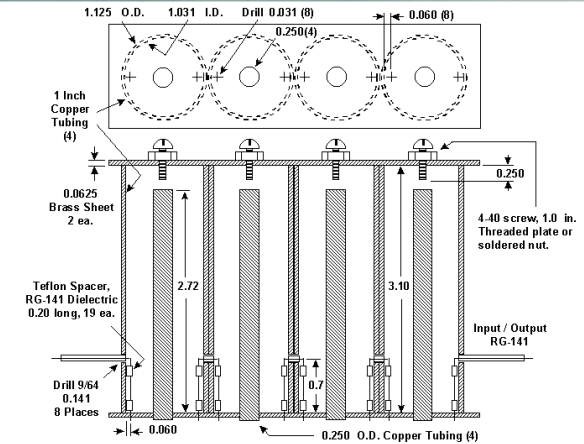
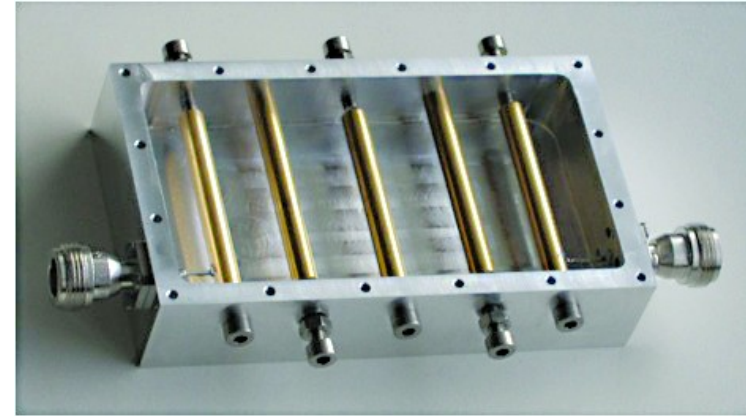
2.5 Soorten Filters – Microstrip Filters

- Inductieve & Capacitatieve elementen
 - Condensator
 - Spoel
 - Voor boven 2 Ghz
 - Vaak op special PCB materiaal, niet FR4



2.6 Soorten Filters – Cavity Filters

- Lijken (soms) microstrip filters
 - zonder gevoeligheid voor ϵ_r
- Voor hoge frequenties > 1 GHz
- Eventueel aan te passen op golfpijp
- Vaak toegepast in repeaters
 - Voor 2m / 70cm zijn deze filters enorm groot



Inhoudsopgave

- 1) ~~Wat zijn filters~~
- 2) ~~Soorten filters~~
- 3) Componenten
 - 1) PCB materiaal & transmissielijnen
 - 2) Condensatoren
 - 3) Inductoren (spoelen)
- 4) Meten is weten
- 5) Berekenen & Simulatie
- 6) Verschil HF / VHF en UHF

3.0 Componenten

1) Eigenschappen

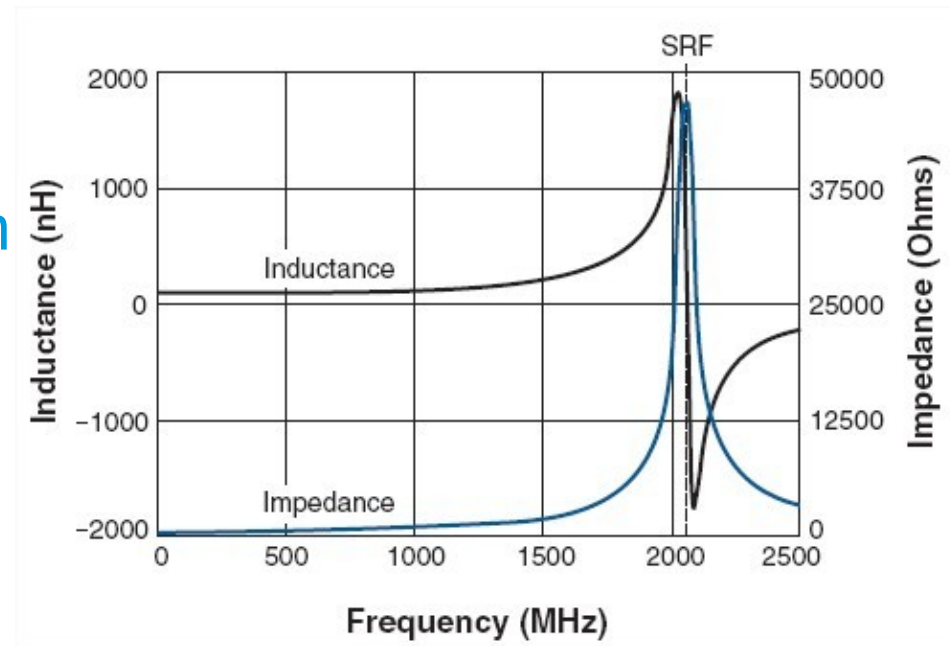
1) Balans

2) PCB Materiaal & transmissielijnen

3) Condensatoren

4) Spoelen

5) Demo



*Inductieve inversie self
resonantie*

3.1 Componenten - Eigenschappen

- Eigenschappen

- Tolerantie (%)
- Self Resonantie Frequentie (SRF)
- Equivalente weerstand (ESR)
- Maximale spanning / stroom
- Stabiliteit (temperatuur)
- Q factor

- Vuist regels

- Kleiner component hogere SRF
- Kleiner component lagere maximale spanning / stroom

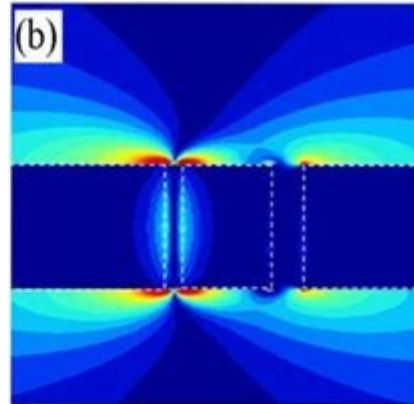
■ Rated Value

④ Temperature Characteristics [5C] (Public STD Code : [C0G(EIA)])			⑤ Rated Voltage	⑥ Capacitance	⑦ Capacitance Tolerance	Operating Temp. Range
Temp. coeff. or Cap. Change	Temp. Range	Ref.Temp.				
0+/-30 ppm/°C	25 to 125°C	25°C	DC 1000V	39pF	+/-1%	-55 to 125°C

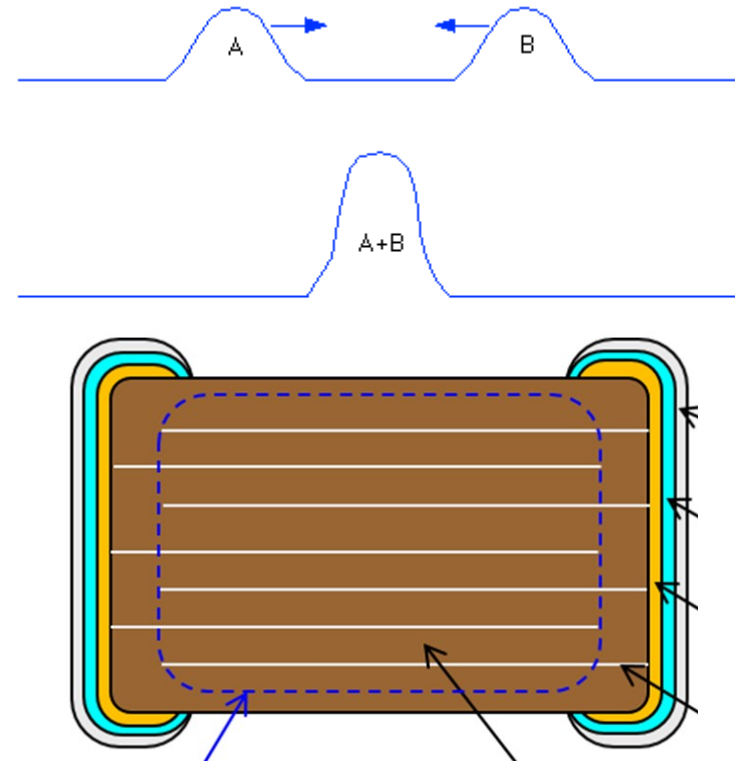
3.1 Componenten – Eigenschappen

DC / AC spanning

- Doorslag van componenten
 - staande golven
 - Constructieve interferentie
 - Reflecties
 - Veldsterkte verloop over het component
 - Vereist EM veld simulatie software (V/m)

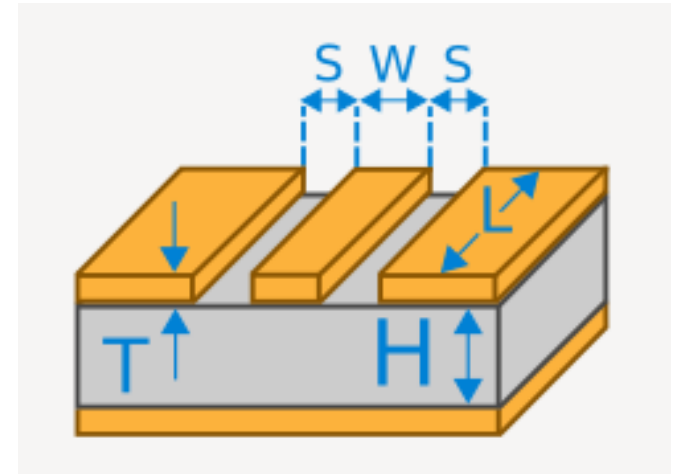


EM veldsterkte simulatie



3.2 PCB Materiaal & Transmissielijnen

- Relatieve permittiviteit (ϵ_r)
 - Gegeven uit datablad PCB fabrikant
 - Dielektrische verliezen
- Skin effect
- Kruiskoppeling & magnetische veldlijnen
- Discrete component weergave
- Soorten transmissielijnen

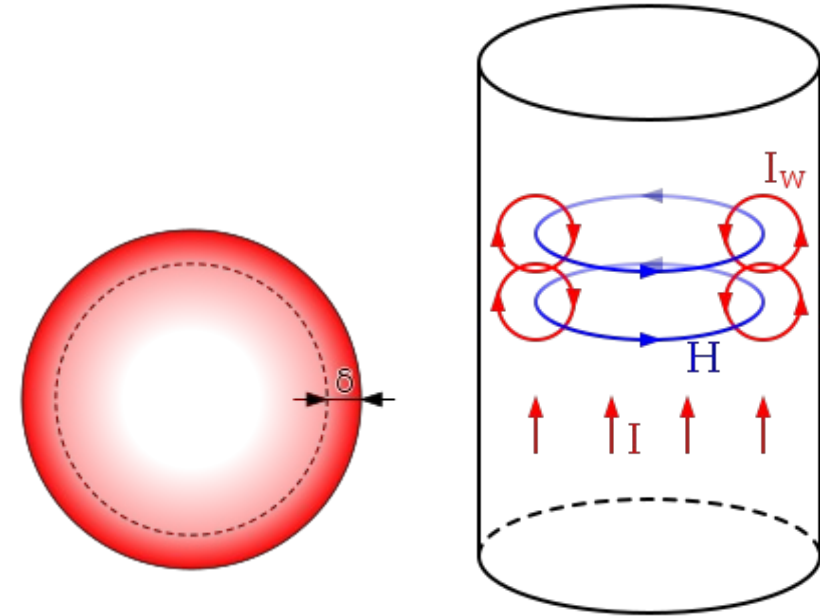
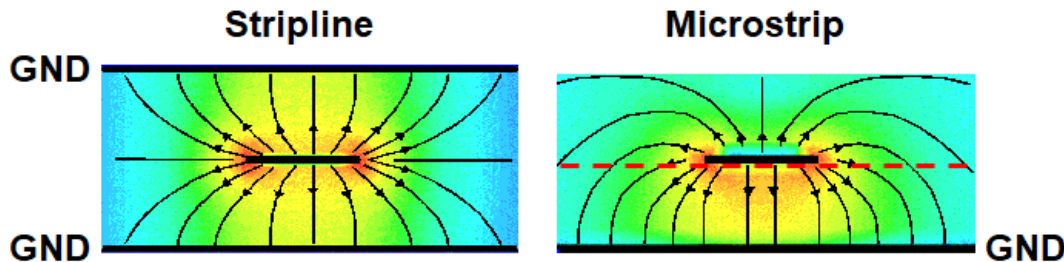


Coplainaire golfgeleider met grondvlak

3.2 PCB Materiaal & Transmissielijnen

Dielektrische verliezen & skin effect

- skin effect
 - Groter verlies bij hogere frequenties & stroom
- Dielektrische verliezen
 - Oppervlak bepaald verlies
 - Permittiviteit (ϵ_r) + dissipation factor (DF)

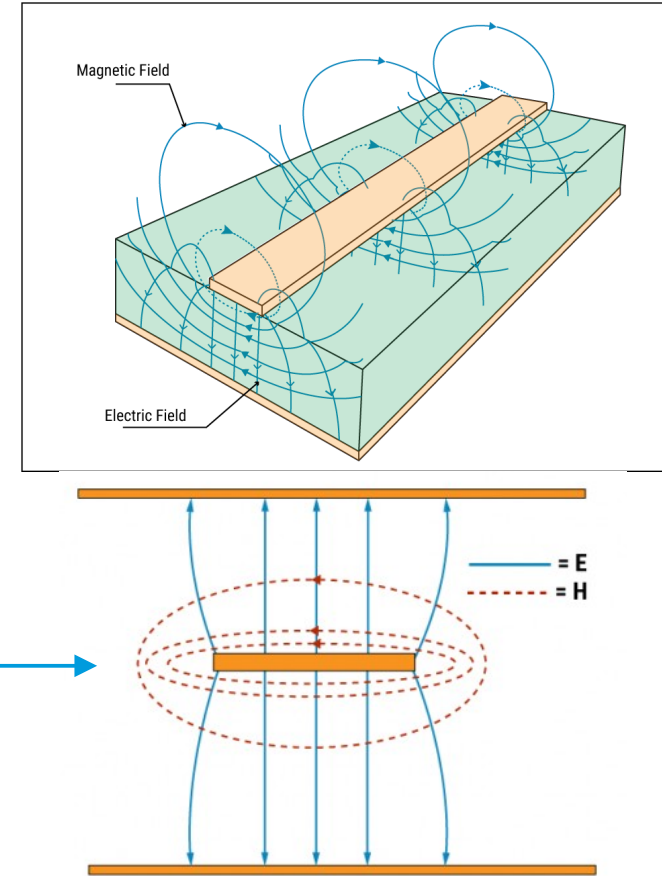


*Stroom in draad wordt door intern
gegeneerde eddy currents naar oppervlak
(skin) geduwd*

3.2 PCB Materiaal & Transmissielijnen

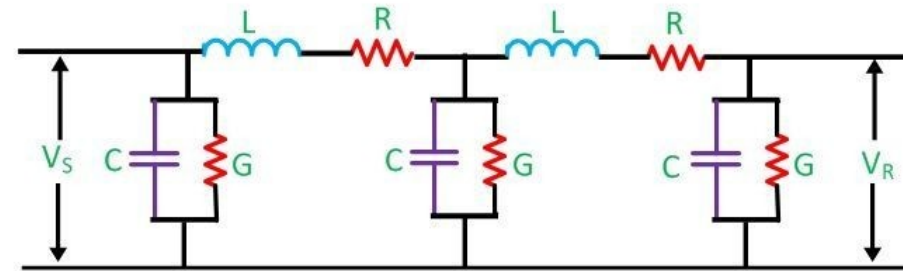
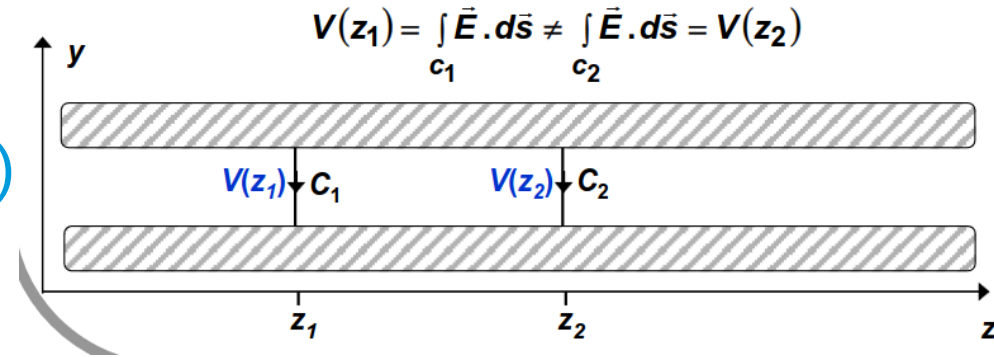
Kruiskoppeling & magnetische veldlijnen

- Overbrenging signaal
- Ook bij spoelen zonder kern
- Oplossingen
 - Zorg dat magnetische velden haaks op elkaar staan (HF lucht spoelen)
 - Gebruik stripline tussen 2 grondvlakken (4 laagse PCBs)
 - Gebruik (mini) coax kabels



3.3 PCB Materiaal & Transmissielijnen

- Berekenen transmissielijnen
- Continue weergave (non-discreet)
 - Integralen oplossen
 - Computers & integralen
- Discrete component weergave
 - Vereenvoudigde weergave
 - Precisie schaalbaar'
- Straks: simulaties

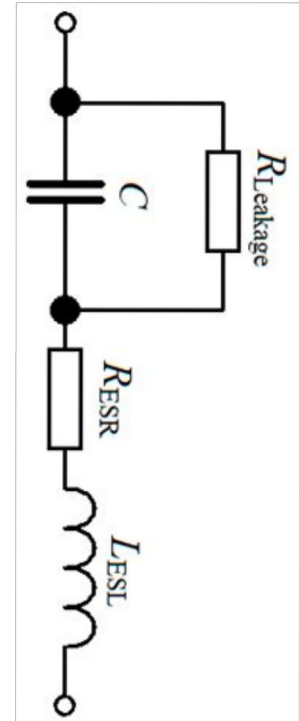


Transmission Line Model
 $Z = R + j\omega L$, $Y = G + j\omega C$

Circuit Globe

3.3 Condensatoren

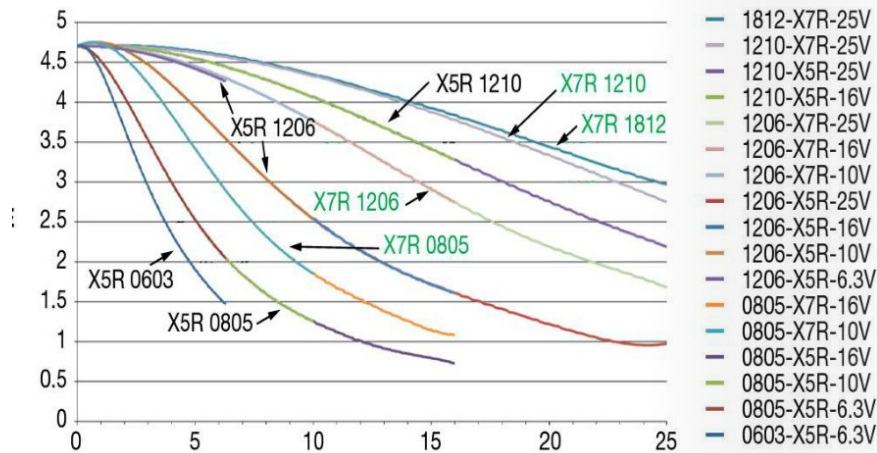
- Soorten
 - Mica, C0G (NP0), Thin film, Sillicium
- Bron eigenschappen & SRF
 - Lekstroom
 - Weerstand (R_{esr})
 - Denk om zend vermogen en verliezen
 - Inductie



Model niet ideale condensator

3.3 Condensatoren - Soorten

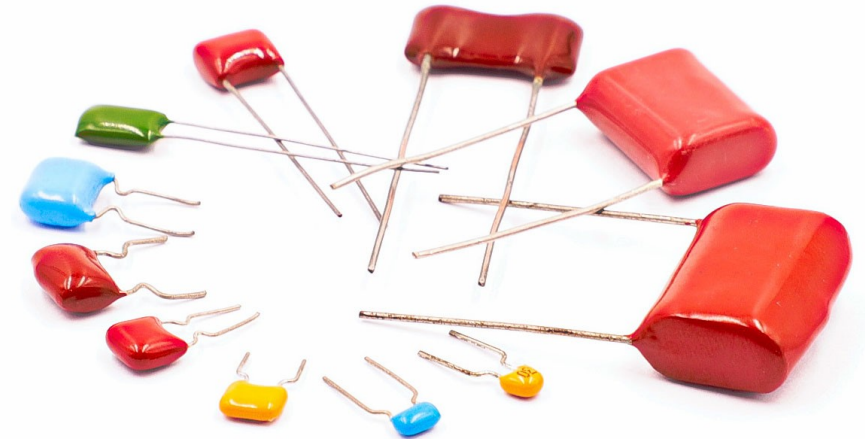
- Keramische condensatoren
 - Soorten keramisch dielektrische
 - Klasse 1, 2, 3
 - X5R, X7R, Y5V (klasse 2 / 3)
 - Spannings degradatie



Verschillende keramische condensatoren

3.3 Condensatoren - Soorten

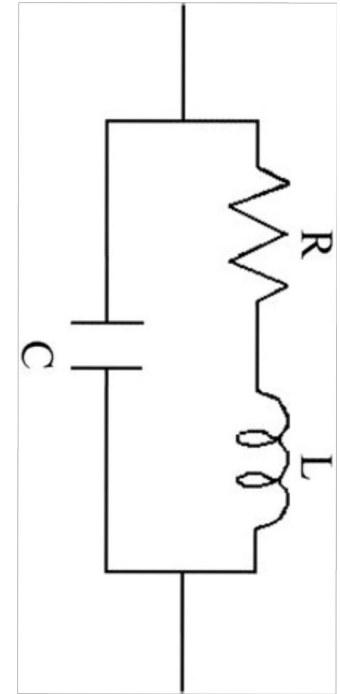
- Geschikte condensatoren
 - SMD / THT: Klasse 1 keramisch
 - Goedkoop
 - SMD / THT: PPS of PP (dunne) film
 - SMD / THT: Mica
 - Hoge Q maar erg duur
 - SMD: Sillicium
 - Duur, niet voor hobby



Verschillende dunne film condensatoren

3.4 Spoelen

- Soorten
 - SMD: multilayer, film, draadgewonden
 - HF: lucht gebonden, ferrietkern
- Ferriet materiaal
 - Verliezen, hystereses & eddy currents
 - Verlies in mW/cm^3 is functie van frequentie & (magnetische) flux dichtheid.
 - Hogere frequentie & flux is groter verlies
 - Opgenomen vermogen & warmte
- Saturatie



Model niet ideale spoel

3.4 Spoelen – Geschikte soorten

- Geschikte soorten:
 - VHF / UHF: SMD componenten
 - Controleer datasheet
 - HF: THT componenten of Handgewonden / zelfgemaakte spoelen
 - SMD, lagere saturatie stroom, hogere SRF
 - Spoelen met ferriet vaak ongeschikt voor hoge frequenties (boven HF)

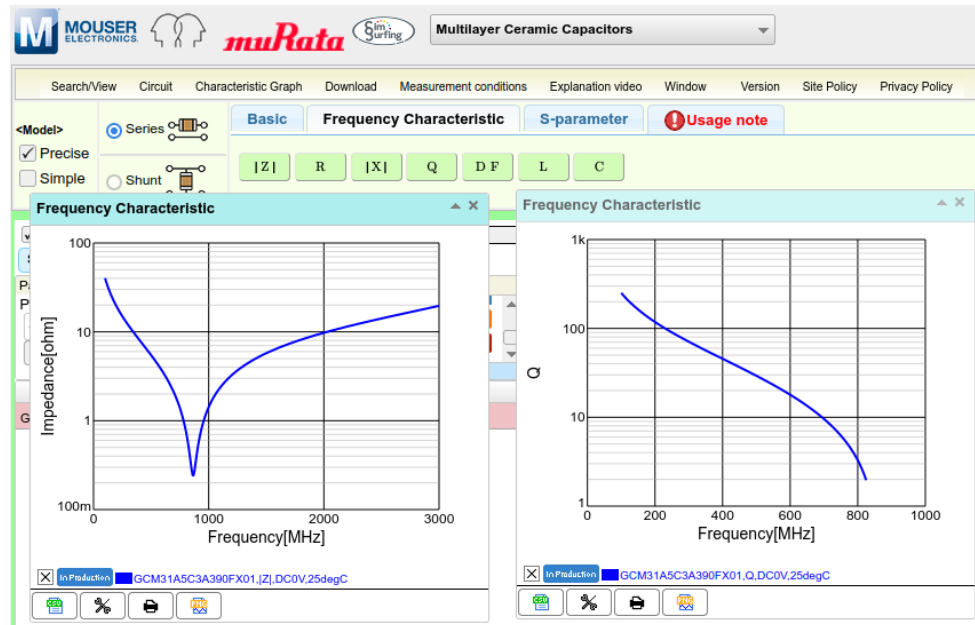


*270nH luchtkern van coilcraft
800 MHz SRF, 4.3 A saturatie*



*8.2nH draadgewonden van coilcraft
5.9 GHz SRF, 1.4 A saturatie*

3.5 Componenten – Datasheet Demo



SimSurfing demonstratie

<https://ds.murata.co.jp/simsurfing>

Inhoudsopgave

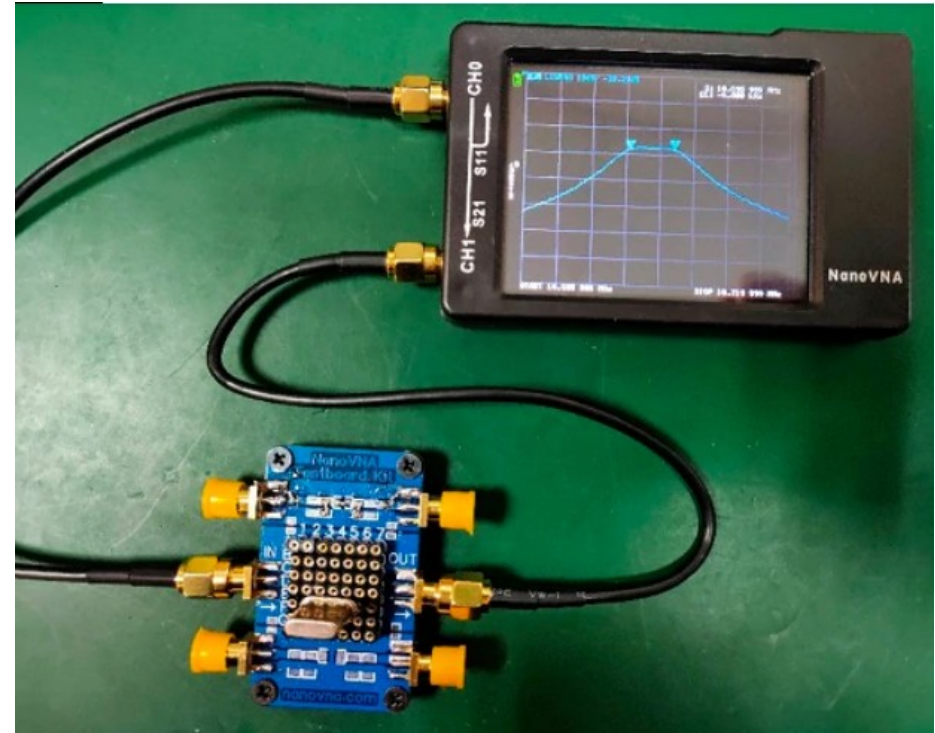
- 1) ~~Wat zijn filters~~
- 2) ~~Soorten filters~~
- 3) ~~Componenten~~
 - 1) ~~PCB materiaal & transmissielijnen~~
 - 2) ~~Condensatoren~~
 - 3) ~~Inductoren (spoelen)~~
- 4) Meten is weten
- 5) Berekenen & Simulatie
- 6) Verschil HF / VHF en UHF



Pauze

4. Meten is weten

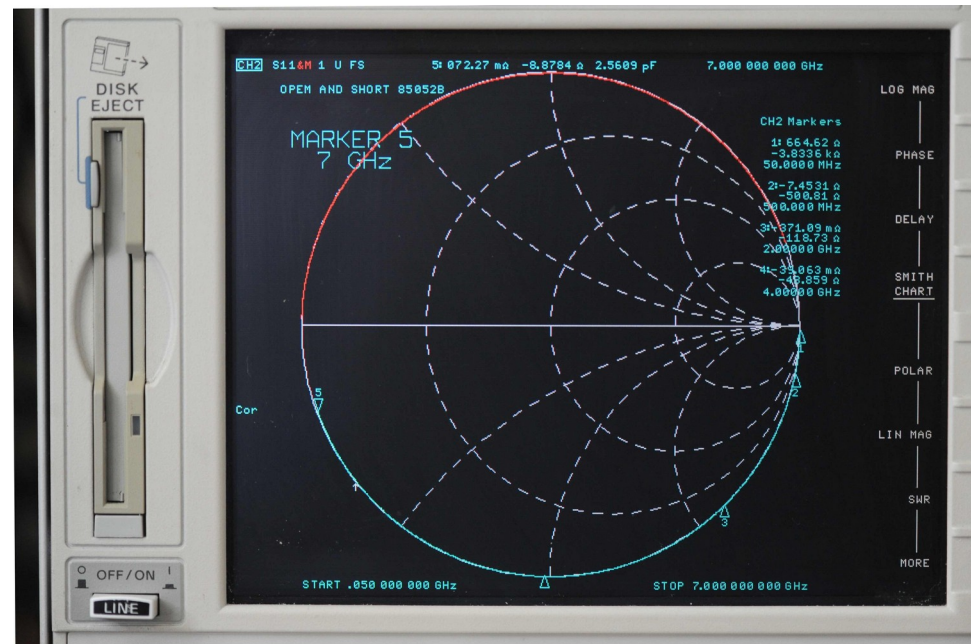
- 1) Apparaten
- 2) Schmitt-Chart
- 3) Opstelling
- 4) Procedure
- 5) Hoe weet je wat je meet
- 6) Voorbeelden



*Opstelling met goedkope
NanoVNA*

4.1 Meten is weten - Apparaten

- Apparaten
 - Spectrum analyzer + tracking gen
 - Vector Network Analyzer (VNA)
- Soorten resultaat
 - Log magnitude
 - Schmitt chart
 - SWR
- Doorlaat vs reflecties (S_{21} , S_{11})

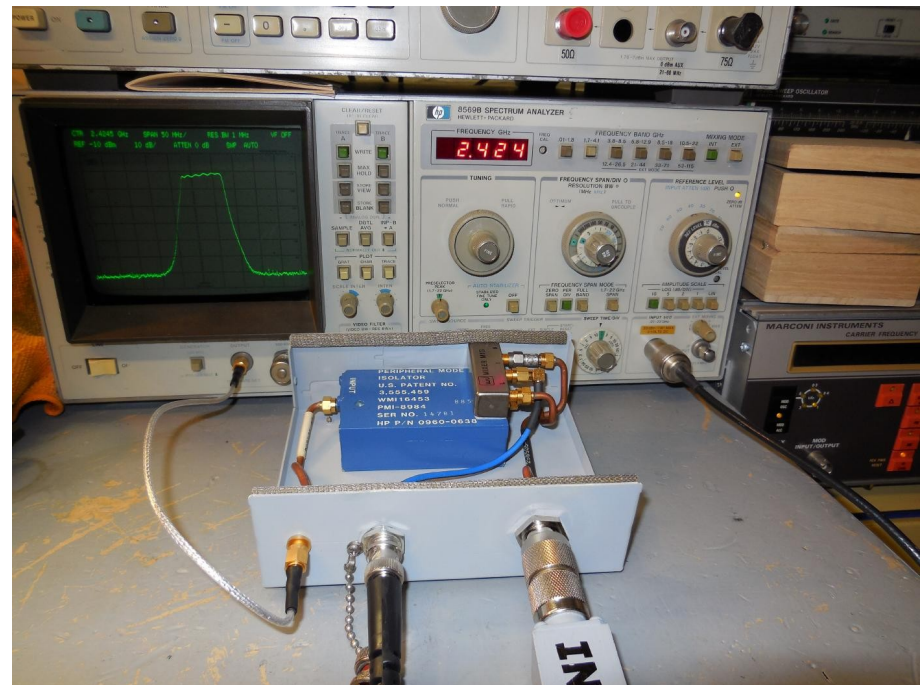
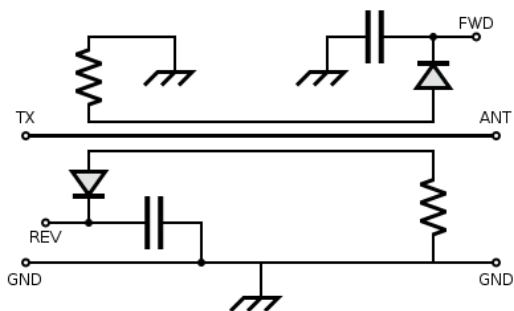


VNA plot complexe impedantie over frequentie verloop op een schmitt chart

4.1 Meten is weten - Apparaten

Spectrum analyzer met tracking gen

- Eenvoudig de doorlaat van je filter meten
 - Geneer ingangs signaal en meet uitgang signaal
 - Doe dit voor elk frequentiepunt
- VWSR brug (S11)



*Oude HP spectrum analyzer
met filter doorlaat*

4.1 Meten is weten - Apparaten

Vector Network Analyzer (VNA)

- Breder inzetbaar dan spectrum analyser
 - Meten SRF, esr en capaciteit / inductie van componenten
- NanoVNA of LiteVNA
 - Bijzonder excellent product voor zeer lage prijs (80 tot 200 euro)
 - Tot 1.5 GHz of zelfs 6.3 GHz

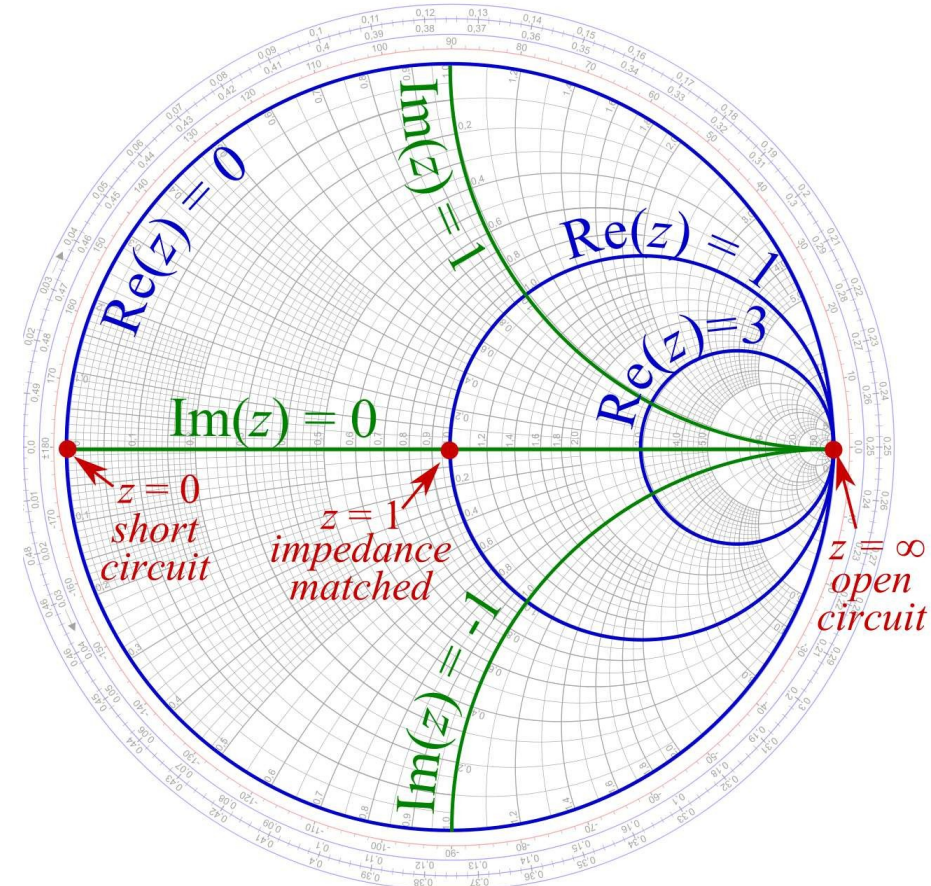
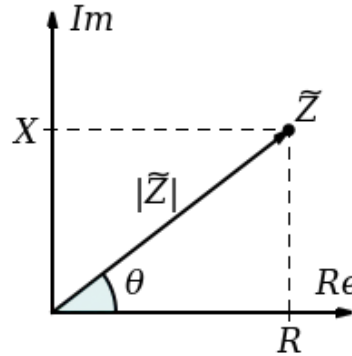


Verschillende modellen NanoVNA

4.2 Meten is weten - Schmitt-Chart

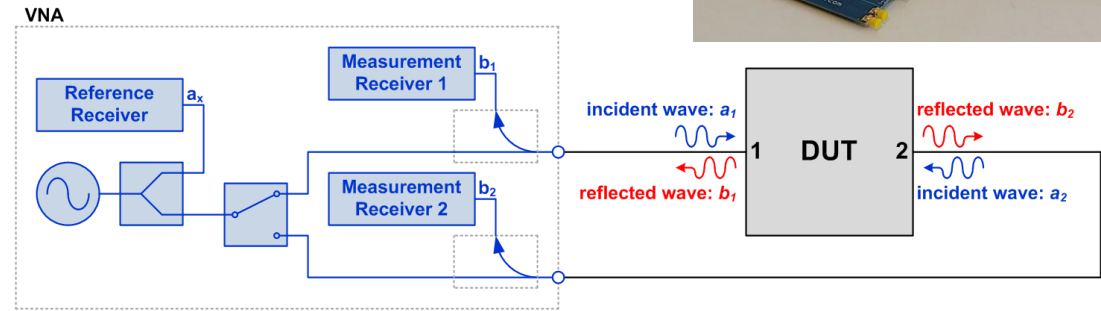
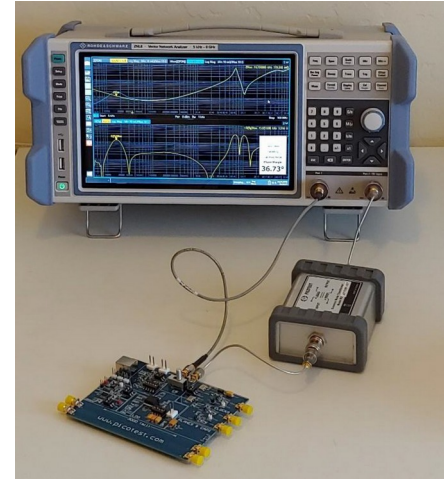
Schmitt-Chart

- Complexe getallen
 - Echte & imaginaire
- Multi parameter weergave
 - Impedantie
 - Weerstand & reactantie
 - Admittance (geleiding?)
 - Conductie & susceptantie
 - Reflectie coefficienten



4.3 Meten is weten - Opstelling

- Alles is ter referentie van het *gekalibreerde* meetvlak
 - Slechte kalibratie = slecht resultaat
- Na kalibratie hebben alle aanpassingen invloed
 - Connector vast / los draaien
 - Coax kabels herorienteren
 - Hogere frequentie = grotere gevoeligheid



Schematische opstelling meten met een VNA

4.3 Meten is weten - Opstelling

Probing

- Belangrijk bij meten componenten
- Bepalend voor resultaat / maximale frequentie
- Kalibreren lastig



Evenvoudigste component meetmethode



Anritsu vectorstar 220 GHz probe

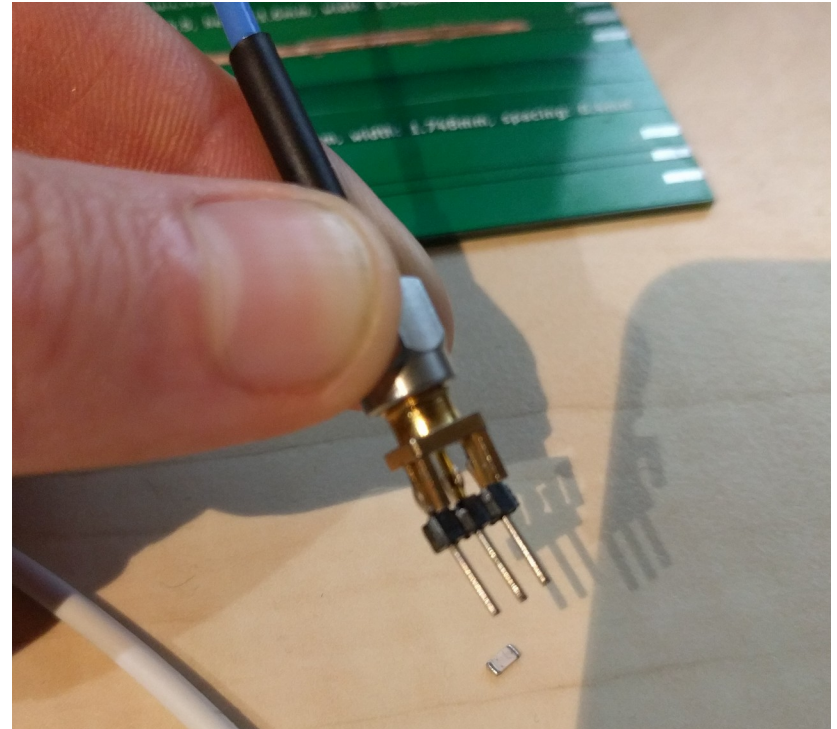


Picotest probe 300 MHz

4.3 Meten is weten - Opstelling

Do it Yourself (DiY) Probe

- Voorkomt (de) solderen componenten op test pcbs
- Kost bijna niks
 - 1 SMA connector
 - 3 2.54mm pin headers
- Beetje priegelig
- Bruikbaar tot honderd MHz



2.54mm pin header past op SMA connectoren

4.3 Meten is weten - Opstelling

DiY shunt

- Bruikbaar tot meerdere GHz
- Iets hogere kosten
- Kan standaard kalibratie set blijven gebruiken
 - Kalibratie set was dat?



*2 SMA connectoren met een
parallel Device under Test (DuT)
bron: edn.com*

4.4 Meten is weten - Procedure

- 1) Bedenken wat je moet gaan meten en hoe op te stellen
 - 1) Reflectie (S11) of doorlaat (S21)
- 2) Apparaat configureren
 - 1) Meetbereik, meetpunten etc
- 3) Kalibreren en opzetten meetvlak
- 4) Meten
- 5) Valideren
 - 1) De meeting herhalen of afgeleide meten

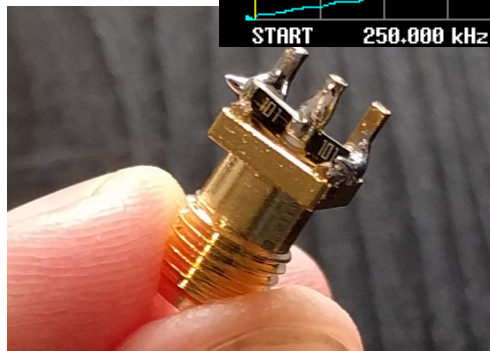
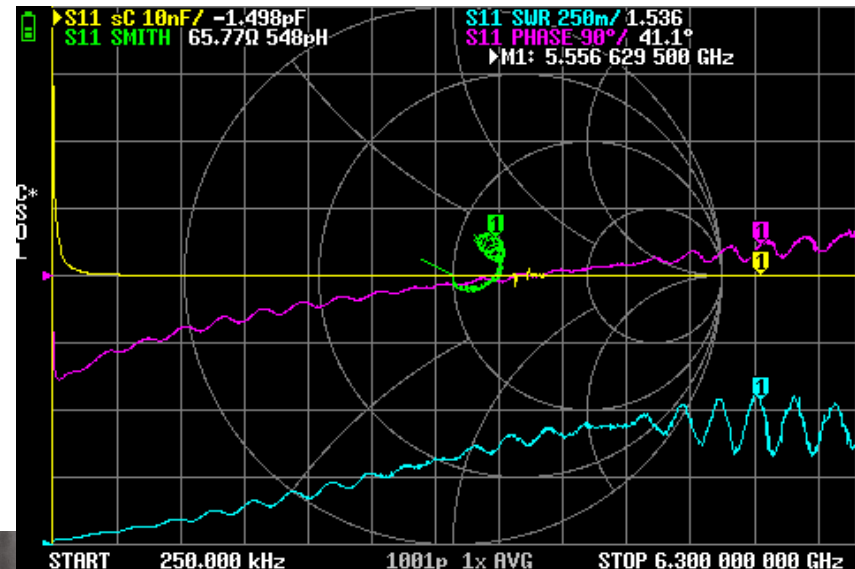
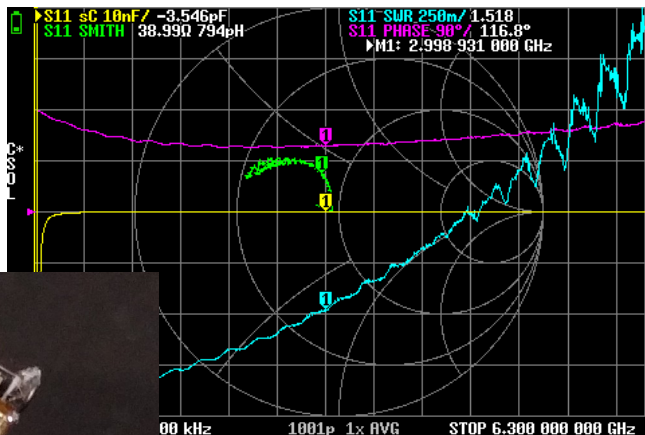


*Typische kalibratie set bijgeleverd bij
NanoVNA / LiteVNA*

4.4 Meten is weten - Procedure

Do it Yourself (DiY) kalibratie

- 1) SMA connector
- 2) 1206 SMD weerstand



4.5 Meten is weten – Hoe weet je wat je meet

- Een meet apparaat geeft altijd resultaat!
- Ken en leer de limitatie van je meetopstelling
 - Verschil in draad lengte
 - Geen accurate fase of SRF
 - Verschil in impedantie kalibratie set
 - Meet versterking met een passief filter
 - Maximaal meetbare filter demping
 - Signaal generator vermogen & dynamisch bereik



Gemeten versterking in passief filter, niet mogelijk.

4.6 Meten is weten – Voorbeelden

Gevoel voor het verrichten van metingen krijgen is lastig vanuit slides met afbeeldingen.... Daarom nu een live demonstratie

- 1) Kalibreren
- 2) Wat kunnen we allemaal meten
- 3) Slechte kalibratie herkennen
- 4) Reflectie vs doorlaat
 - 1) Component & filter meten

Inhoudsopgave

- 1) ~~Wat zijn filters~~
- 2) ~~Soorten filters~~
- 3) ~~Componenten~~
- 4) ~~Metten is weten~~
- 5) Berekenen & Simulatie

5. Berekenen & Simulatie

1) Idealen vs realistische componenten

2) Soorten simulaties

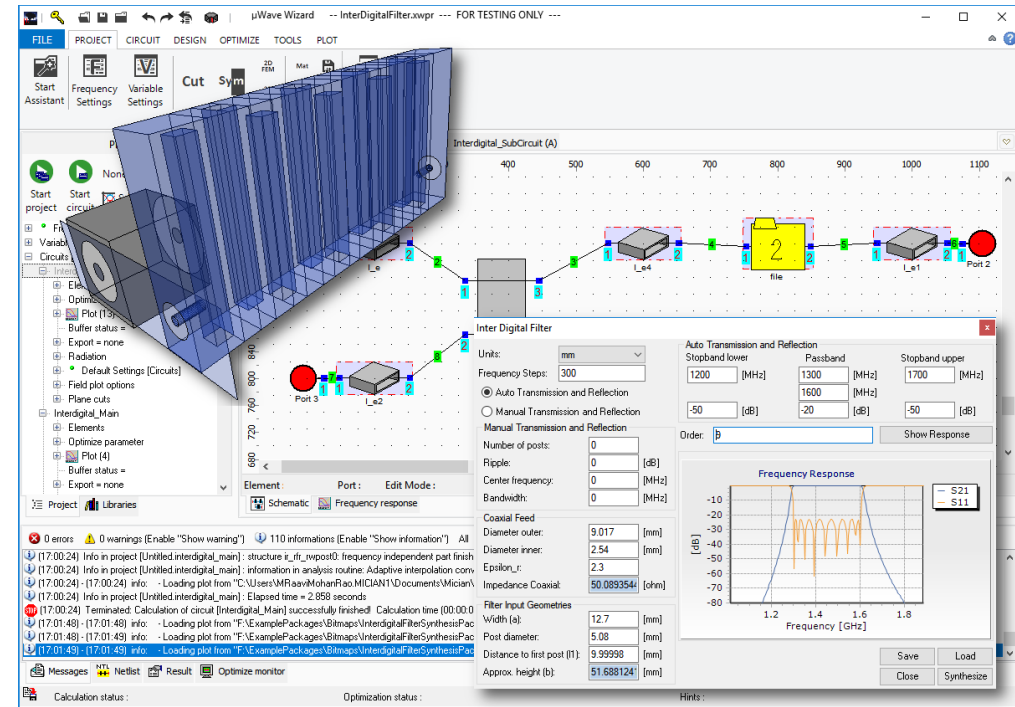
3) Programmas

1) Qucs, Qucs-s, Itspice, kicad, Coil64

4) Websites

1) changpuak.ch, 66pacific.com

5) Berekeningen controleren

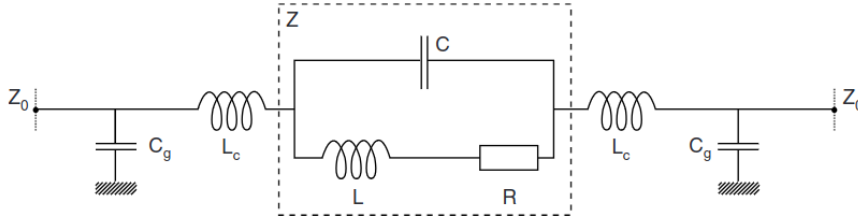


Sonnet suites simulatie en modelerings programma

5.1 Berekenen & Simulatie – Componenten

- Idealen & realistische componenten
 - SPICE modellen
 - Soms beschikbaar van fabrikant
 - Non-ideale componenten nabootsen

TYPICAL HIGH FREQUENCY PERFORMANCE ELECTRICAL MODEL



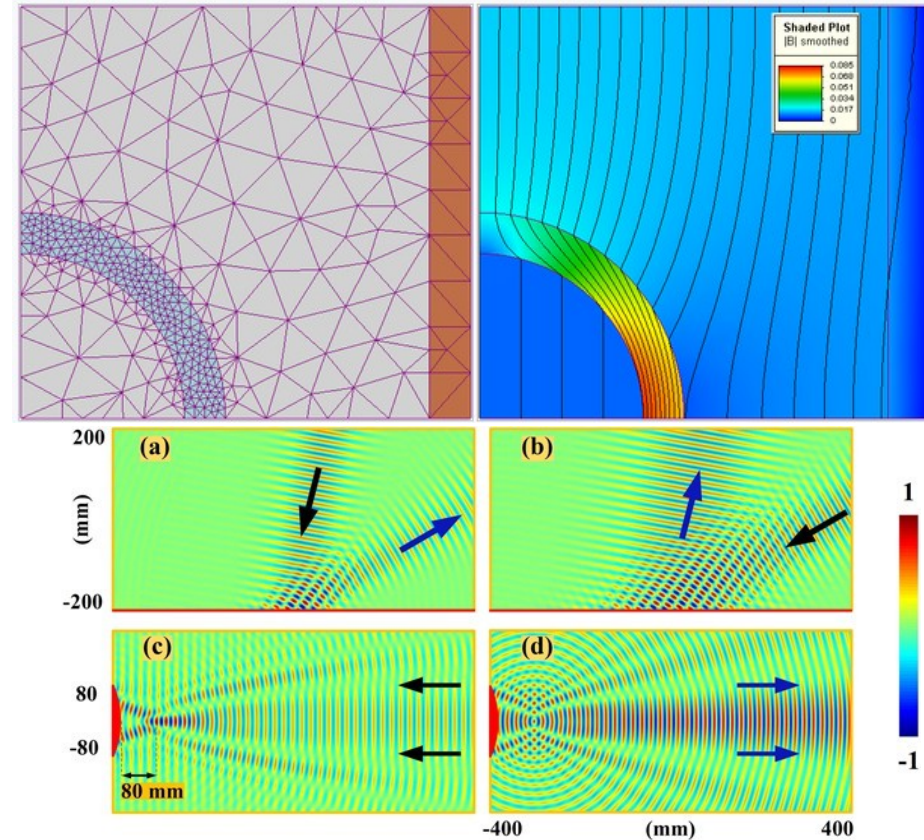
C	Internal shunt capacitance
L	Internal inductance
R	Resistance
Z	Internal impedance (R, L, C)
L _c	External connection inductance
C _g	External capacitance to ground

```
.SUBCKT L14105 1 2
LO 1 4 1E-3
V1 4 3 DC 0
B1 4 1 I=I(V1)^3*-2.08E-3
RDC 3 2 0.173
CP 1 2 39.6E-12
RP 1 2 250K
.ENDS L14105
```

*SPICE model van een 1 mH spoel met
0.173 Ohm weerstand en 4 Ampere
saturatie*

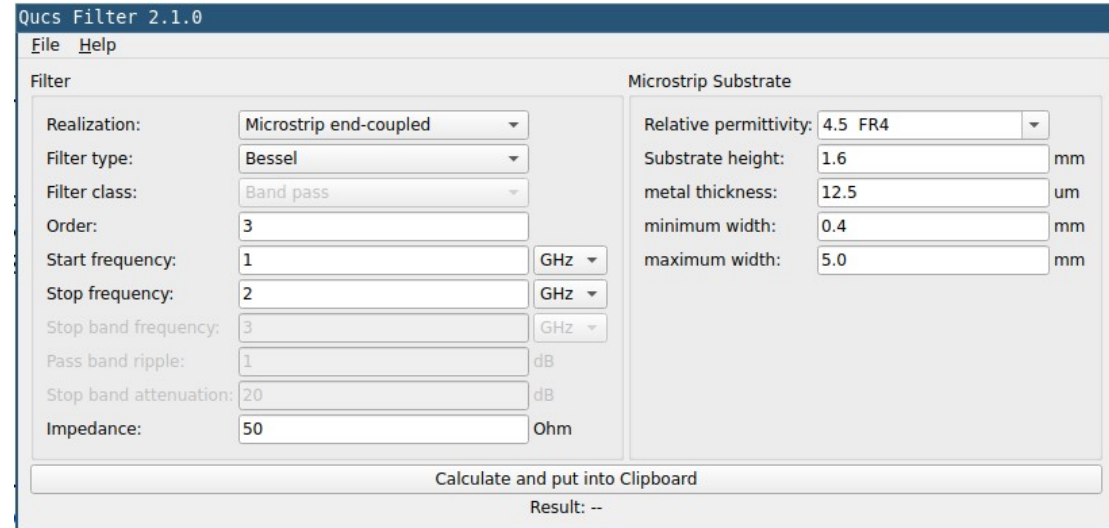
5.2 Berekenen & Simulatie – Soorten Simulaties

- Berekeningen
 - Lumped element model
 - Niet lineaire DC of transient analyze
 - Lineaire AC analyses
 - Digitale logica
 - Boolean logic (algebra)
 - RF / Elektro Magnetische (EM)
 - Method of Moments (MoM)
 - Finite Element Model (FEM)
 - Finite Difference Time Domain (FDTD)



5.3 Berekenen & Simulatie - Programmas

- Qucs & Qucs-s
 - Gratis & open source
 - Linux / Windows / Mac
- QUCSStudio
 - Alleen Windows
- Ideale componenten
- Filters berekenen met onze reken modellen
- S parameter simulaties
 - Schmitt-Chart

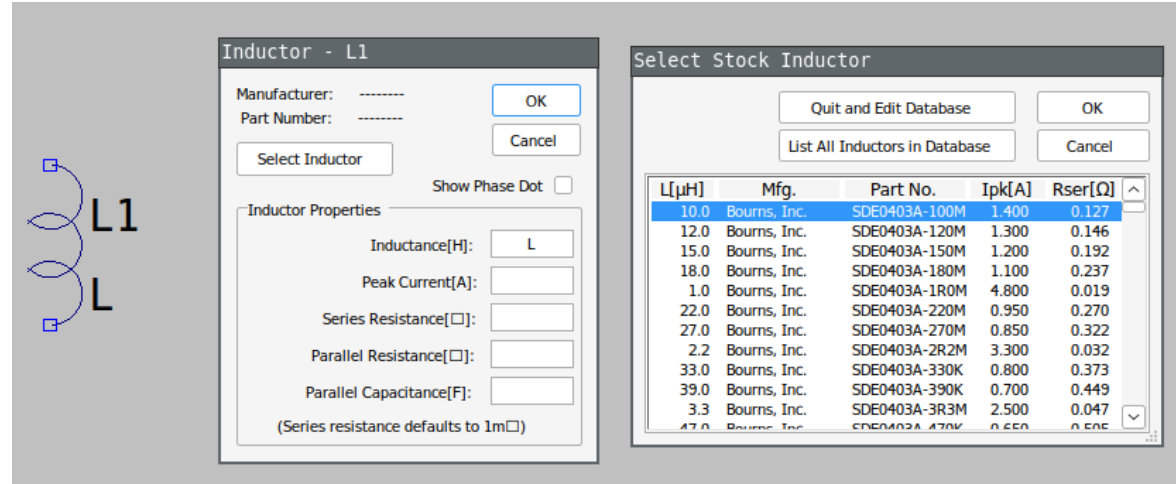


The screenshot shows the 'Qucs Filter 2.1.0' window with a menu bar (File, Help) and two main sections: 'Filter' and 'Microstrip Substrate'. The 'Filter' section includes fields for Realization (Microstrip end-coupled), Filter type (Bessel), Filter class (Band pass), Order (3), Start frequency (1 GHz), Stop frequency (2 GHz), Stop band frequency (3 GHz), Pass band ripple (1 dB), Stop band attenuation (20 dB), and Impedance (50 Ohm). The 'Microstrip Substrate' section includes fields for Relative permittivity (4.5 FR4), Substrate height (1.6 mm), metal thickness (12.5 um), minimum width (0.4 mm), and maximum width (5.0 mm). At the bottom, there is a button 'Calculate and put into Clipboard' and a 'Result: --' label.

Qucs-S filter configurator

5.3 Berekenen & Simulatie - Programmas

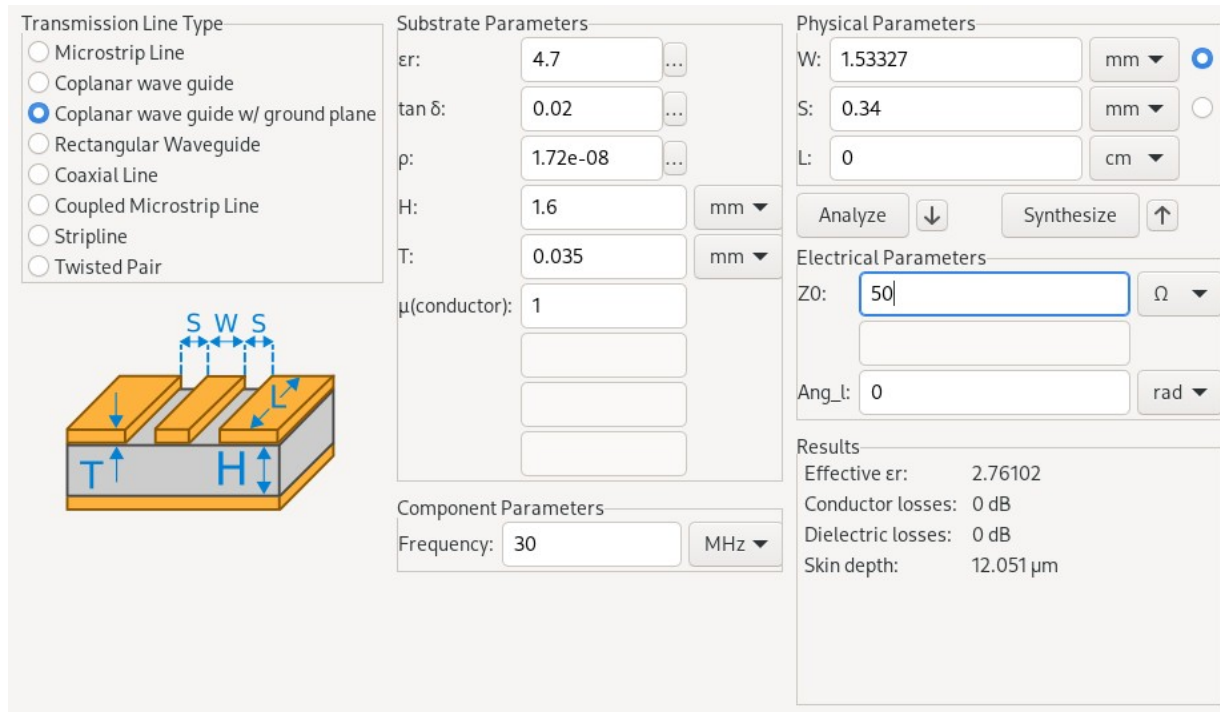
- LTSpice
 - Niet open source wel gratis
 - Alleen Windows
 - non-ideale componenten
 - Selecteren uit grote database
 - Transient simulaties
 - Lastiger in gebruik dan qucs



LTSpice non-ideale componenten & componenten catalogus

5.3 Berekenen & Simulatie - Programmas

- Kicad
 - Open source
 - Linux / Windows
 - Transmissielijnen en verliezen
 - Kan ook integreren met ngspice voor simulaties



Transmission Line Type

- ☐ Microstrip Line
- ☐ Coplanar wave guide
- ☒ Coplanar wave guide w/ ground plane
- ☐ Rectangular Waveguide
- ☐ Coaxial Line
- ☐ Coupled Microstrip Line
- ☐ Stripline
- ☐ Twisted Pair

Substrate Parameters

εr: 4.7

tan δ: 0.02

ρ: 1.72e-08

H: 1.6 mm

T: 0.035 mm

μ(conductor): 1

Physical Parameters

W: 1.53327 mm

S: 0.34 mm

L: 0 cm

Analyze ↓ Synthesize ↑

Electrical Parameters

Z0: 50 Ω

Ang_l: 0 rad

Results

Effective εr: 2.76102

Conductor losses: 0 dB

Dielectric losses: 0 dB

Skin depth: 12.051 μm

Component Parameters

Frequency: 30 MHz

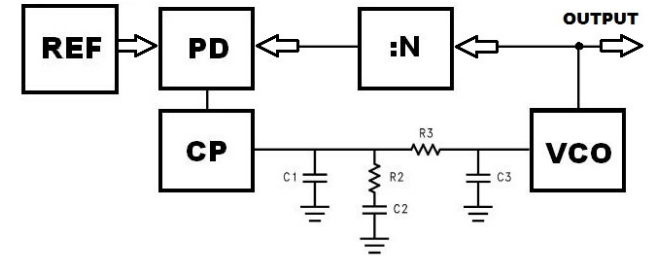
Kicad transmissielijn berekeningen

5.3 Berekenen & Simulatie - Websites

- changpuak.ch
 - Antenne designer
 - PLL filter
 - VCO / oscillators
 - Versterkers
- 66pacific.com
 - Lucht spoelen

2nd / 3rd Order Loopfilter Calculator for PLL's V3

RF-Tools



The screenshot shows the user interface of the PLL filter designer. It includes input fields for the following parameters:

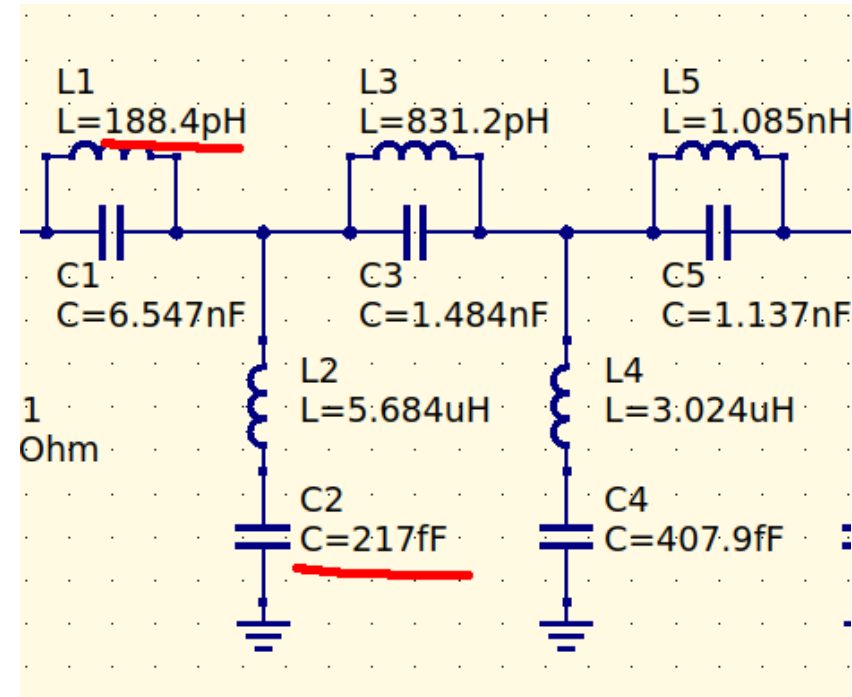
- Output Frequency: 1024 MHz
- Reference Frequency: 1 MHz
- Phase Margin: 45 deg
- VCO Gain: 10 MHz/V
- Charge Pump Current: 8.7 mA (with 'increase' and 'decrease' buttons)
- Filter Bandwidth: 0.1 MHz (with 'increase' and 'decrease' buttons)

A 'CALCULATE' button is located at the bottom left of the form.

changpuak.ch PLL filter designer

5.3 Berekenen & Simulatie - Valideren

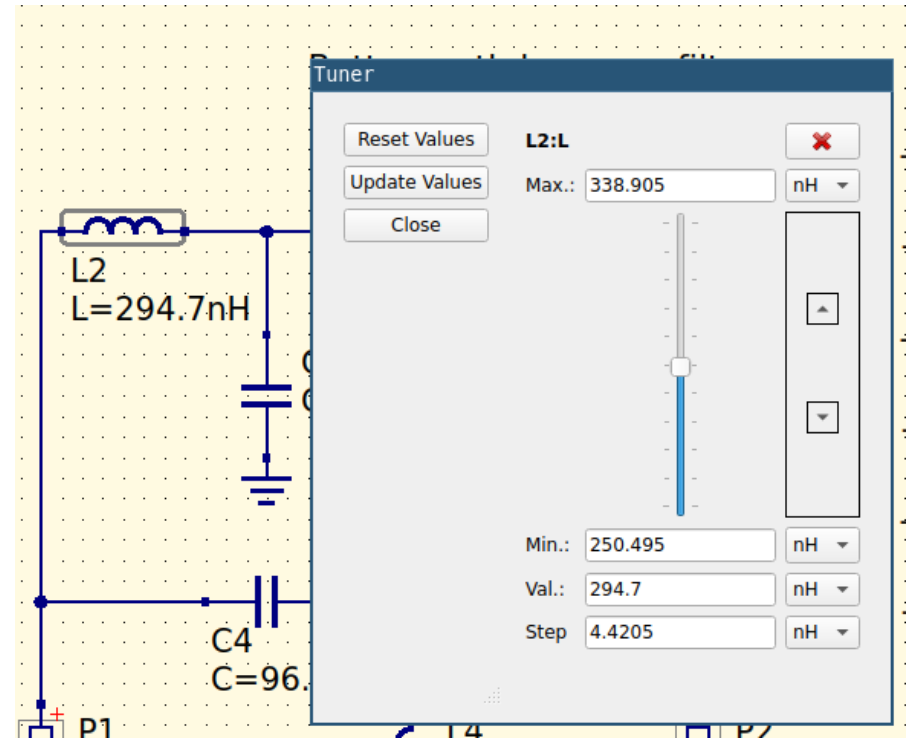
- Controleren?
 - Parasitaire capaciteit
 - Vias, traces, pads
 - Wees realistisch over orde grote
 - Femto Farad through hole condensatoren...
 - Bereken alles 2 maal in verschillende tools
 - Eerst met ideale later met non-ideale (realistische) componenten



144 MHz banddoorlaat met ongeschikte waarden voor discrete component filters

5.3 Berekenen & Simulatie - Valideren

- Filter orde en tuning
 - Grote filter ordes kunnen gevoelig worden
 - Met filter tuning kunnen we zien hoe dramatisch de impact van wijzigingen zijn (stapsgewijs)
 - Sommige programmas (Qucsstudio)
 - Vol automatische multi parameter tuning op basis van constraints



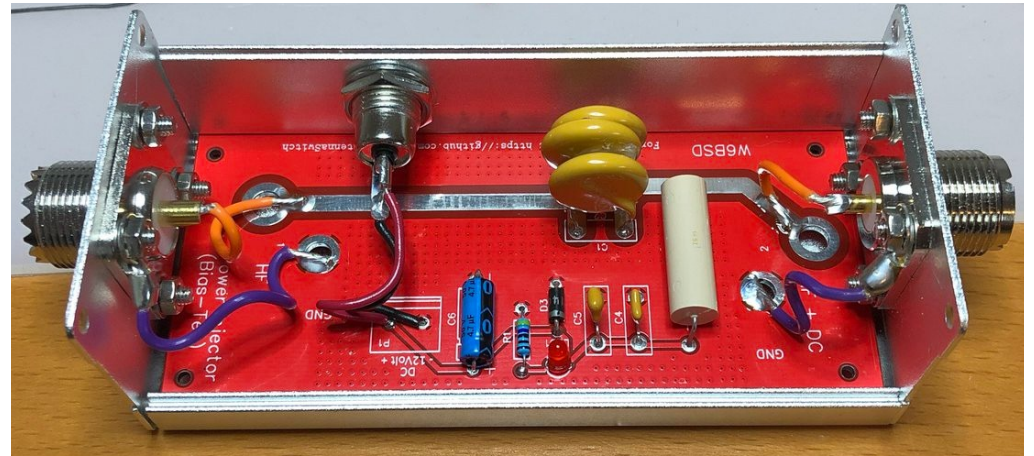
5.3 Berekenen & Simulatie - Demonstratie

Simulatie programma demonstratie

- 1) Qucs-S filter
- 2) LTSpice filter
- 3) Kicad transmissielijnen
- 4) Coil64 lucht spoel

Bonus - Verschil HF met VHF / UHF

- HF
 - Veel minder gevoelig
 - Parallele componenten
 - Lange / losse draden
 - Niet alles hoeft 50 ohm transmissielijn
 - Kan veel meer proberen
 - Let op capacatieve koppeling van ledematen



Bias Tee met DC blockade voor HF frequenties
<https://www.tindie.com/products/0x9900/bias-tee-for-hf/>

Workshop

Stappen

- 1) Soort filter kiezen
- 2) Berekenen
- 3) Componenten kiezen
- 4) Simuleren
- 5) Bouwen
- 6) Meten

Benodigheden

- Componenten
- Soldeerbout
- Tin
- Flux

Workshop

Meld je aan voor de workshop



Bedankt voor de Inspanning

- 1) Juergen Morawietz (DG5BBW)
- 2) Paulus Kruger (ASTRON)

Referenties

- 1) [Youtube] Phil Lab - MLCC capacitor design
- 2) [Youtube] Sam Ben-Yaakov – Losses in power inductors
- 3) Ceramic capacitor types
- 4) Inductor SPICE models
- 5) Simple SMA fixtures