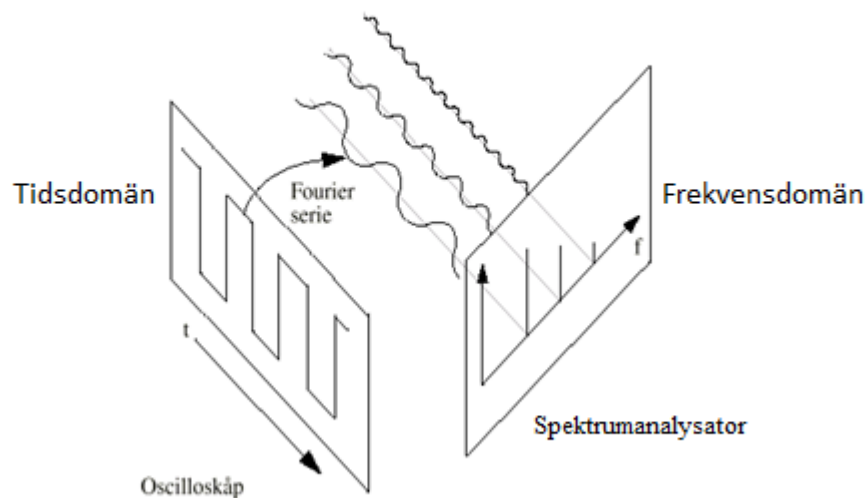


F4 - Filter. Frekvensinnehåll i signaler

- Repetition av frekvensanalys.
- Spektrum av en digitalsignal.
- Olika typer av filter presenteras och placering av filter.
- Resonansfenomen.

[1] Kap. 2.
[2] Kap. 20 och 21.
[3] Kap. 2.
[4] Kap. 5.

Tid och frekvens



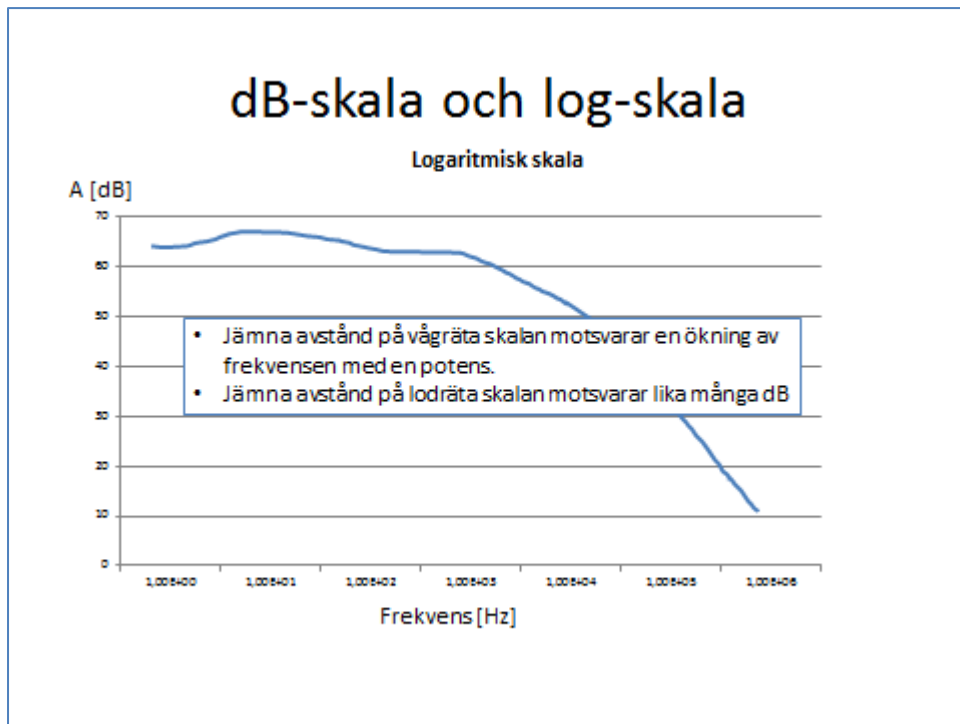
EMC Elektronik

Om störningen har samma karaktär som nyttsignalen men skiljer sig mycket i frekvens är det möjligt att använda filter för att bli av med den.

Det vanliga är att man tittar på signalen med ett oscilloskop, dvs. i tidsdomänen (den lodräta skalan visar amplitud och den vågräta visar tid).

Men vill man prata filter är det signalens frekvensinnehåll som är viktigt. Då är det fördelaktigt att använda en spektrumanalysator dvs. titta på signalen i frekvensdomän (den lodräta skalan visar amplitud medan den vågräta visar frekvens i stället).

Eftersom vi ofta vill titta på ett brett spektrum använder vi logaritmskala. Signaler som skiljer sig mycket i styrka (amplitud) uttrycker man också gärna i en logaritmskala, s.k. decibel-skala.



Lite om dB

$$dB = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = 10 \log \left(\frac{\frac{U_2^2}{R}}{\frac{U_1^2}{R}} \right) = 10 \log \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 = 20 \log \left(\frac{U_2}{U_1} \right)$$

För strömmen gäller motsvarande: $dB = 20 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$

Decibel är ett relativt mått mellan två signaler

Exempel på absoluta dB-mått

$$dBm = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{10^{-3} [W]} \right)$$

Referens	dB suffix
1V	dB _V
1μV	dB _{μV}
1μV/m	dB _{μV/m}
1A	dB _A
1μA	dB _{μA}
1μA/m	dB _{μA/m}
1mW	dBm

(dBm relaterar till impedansen 50 Ω)

Decibel är alltså ett **relativt** mått, dvs. vi kan säga hur stor skillnad det är mellan två signaler, men vi kan inte säga hur stora de är.

För att få ett absolut mått använder man andra enheter som t.ex. dBm.

Räkneexempel dB

Om effekten är 80 dBm fås

$$10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{10^{-3} [W]} \right) = 80$$

$$\log_{10} \left(\frac{P_2}{10^{-3} [W]} \right) = 8$$

$$\frac{P_2}{10^{-3} [W]} = 10^8$$

$$P_2 = 10^5 W = \underline{100 kW}$$

Spänning $U_0 = 80 \text{ dB}_{\mu V}$ fås

$$20 \log_{10} \left(\frac{U_0}{10^{-6} [V]} \right) = 80$$

$$\log_{10} \left(\frac{U_0}{10^{-6} [V]} \right) = 4$$

$$\frac{U_0}{10^{-6} [V]} = 10^4$$

$$U_0 = 10^{-2} V = \underline{10 mV}$$

Räkneexempel dB

Spänningsförstärkningen är 25 ggr. Hur mycket motsvarar detta i dB?

$$A = 20 \log_{10}(25) = 28 \text{ dB}$$

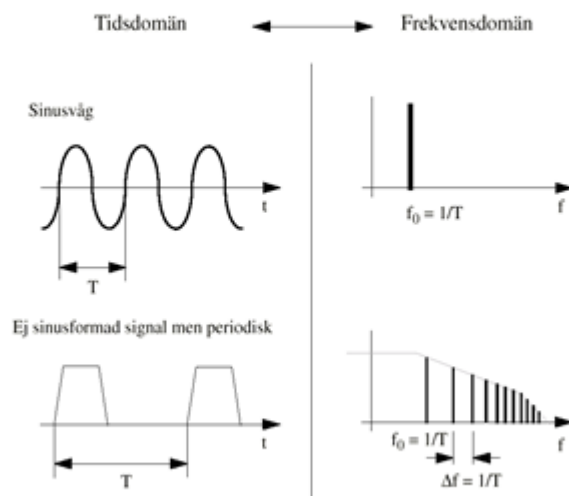
E-fältet har styrkan $86 \text{ dB}_{\mu V/m}$. Vad blir detta i "vanliga enheter"?

$$20 \log_{10} \left(\frac{E}{1 [\mu V/m]} \right) = 86 \quad \Rightarrow$$

$$\log_{10} \left(\frac{E}{10^{-6} [V/m]} \right) = 4.3 \quad \Rightarrow$$

$$\frac{E}{10^{-6} [V/m]} = 10^{4.3} \quad \Rightarrow \quad E = 20 \cdot 10^{-3} \frac{V}{m} = 20 \frac{mV}{m}$$

Spektrum I



EMC Elektronik

Periodisk signal kan skrivas som summan av flera sin- eller cos-signaler. Detta betecknas ofta som en Fourier-serie. Se kompendium sid 19-!

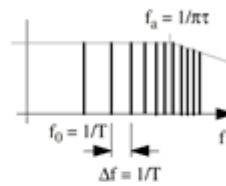
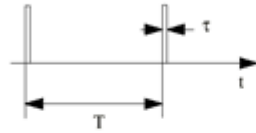
En ren sinusvåg får bara en linje i frekvensspektrat, $f_0=1/T$.

Varje periodisk signal som inte är en ideal sinus går att se som en sammansättning av flera sinus- eller cosinus-signaler. Detta betecknas ofta som en Fourier-serie. Detta ger flera linjer i frekvensspektrat med avstånd $1/T$ – T.ex. grundton 1kHz och övertonerna 2 kHz, 3 kHz osv.

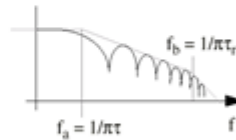
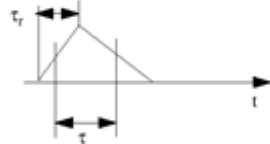
Det matematiska uttrycket hittar ni i kompendiet sid 19-20.

Spektrum II

Mycket korta pulser



Singel puls

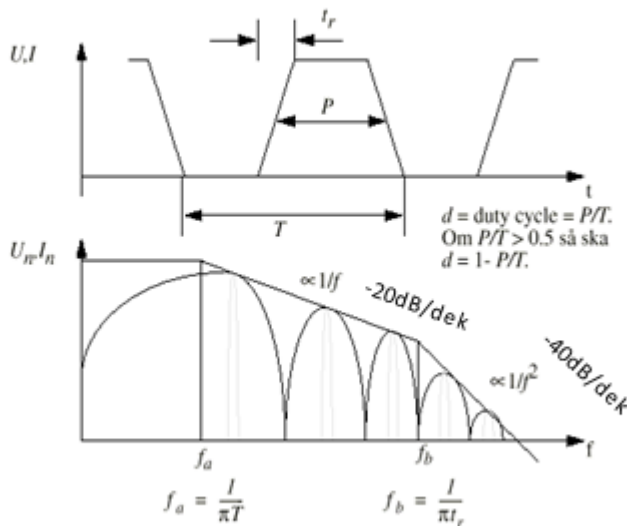


EMC Elektronik

(a) Om pulserna är mycket korta, $\tau \ll T$, är amplituden på övertonerna konstant upp till en frekvens $f_a = 1/\pi\tau$.

(b) För en singelpuls med stigtid τ_r och pulspredd τ fås detta spektrum.

Frekvenser i fyrkantvåg

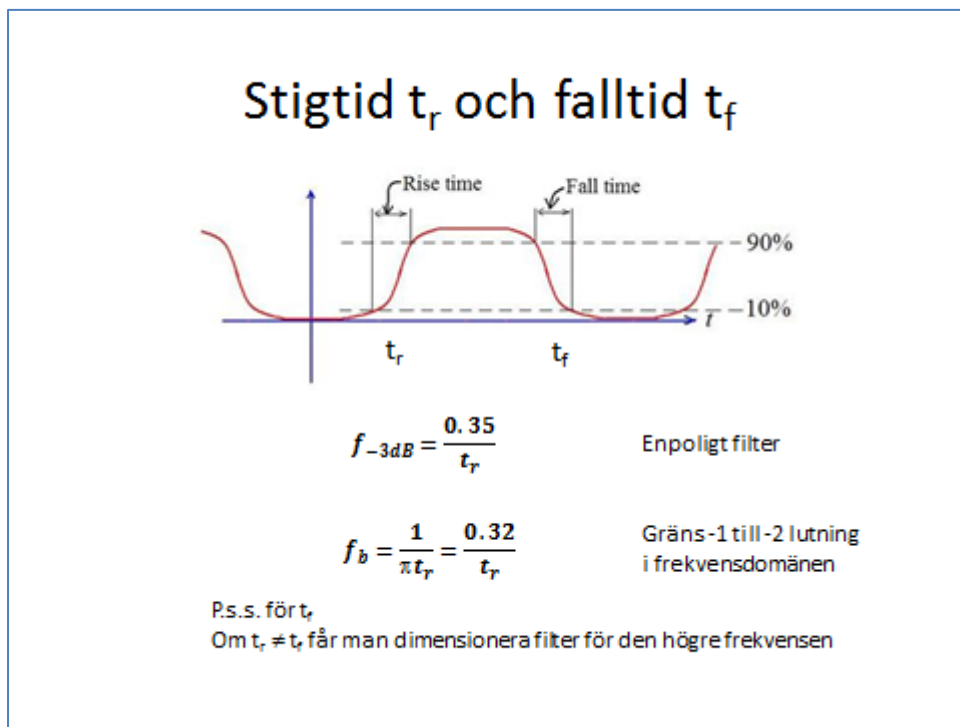


EMC Elektronik

Enligt en tumregel måste frekvenser upp till f_b passera genom filter (avsiktligt eller oavsiktligt) för att signalen skall behålla sina egenskaper efter detta.

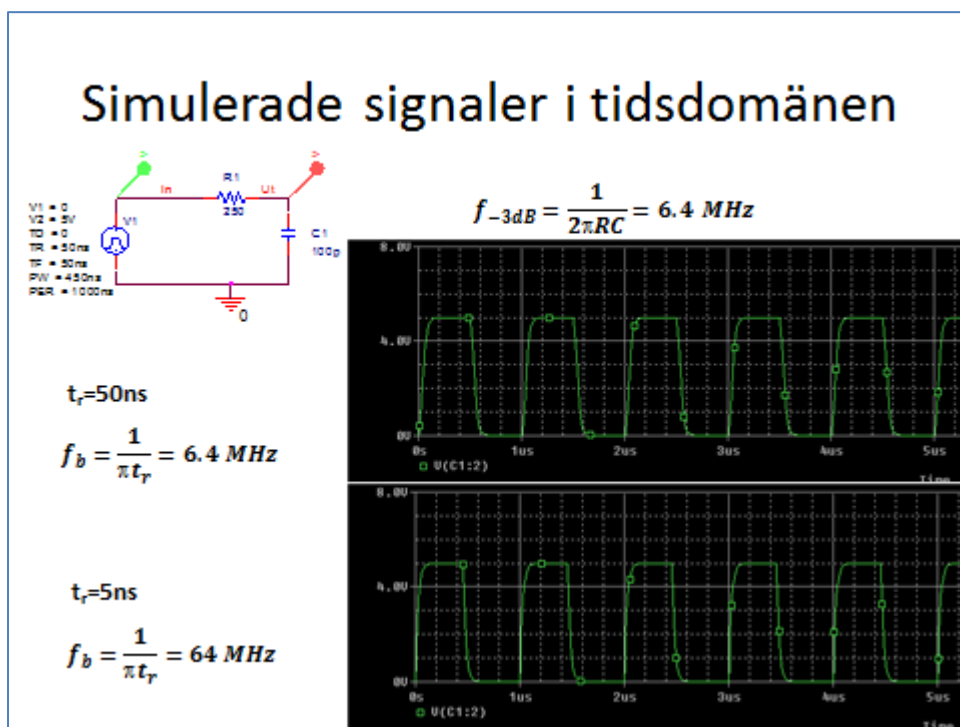
$$f_b = 1/\pi\tau_r \approx 0.32/\tau_r.$$

Detta är nästan samma som -3dB gränsen för ett enkelt RC-filter.



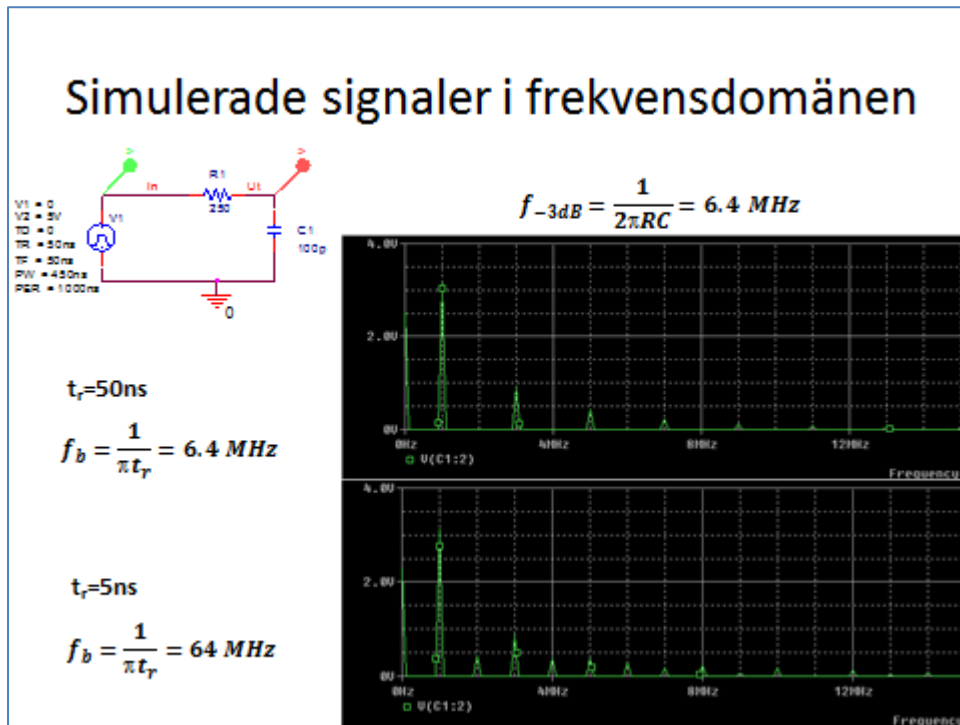
Om ett enpoligt filter matas med en stegsignal är sambandet mellan stigtiden t_r (10%-90%) efter filtret och -3dB gränsen för filtret $f_{-3dB} = 0.35/t_r$.

Sambandet är mycket nära punkten f_b .



Frekvensen som beror på t_r och t_f har större betydelse för störningar än grundfrekvensen f_0 på signalen (t.ex. klockpuls).

Bilden visar två fyrkantvågor med grundfrekvensen 1 kHz och stigtiderna $t_r = 50 \text{ ns} \Rightarrow f_b = 1/\pi t_r = 6.4 \text{ MHz}$ respektive $t_r = 5 \text{ ns} \Rightarrow f_b = 1/\pi t_r = 64 \text{ MHz}$.



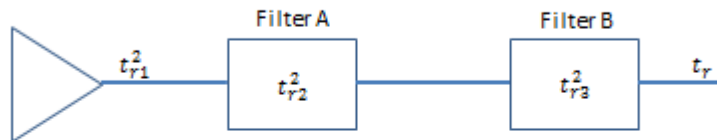
Om man plottar Fourier-transformerna av vågformerna ser man tydliga olikheter i frekvensplanet.

Det är viktigt att anpassa filter så att nyttosignalen kan passera medan störningar dämpas.



DEMO med oscilloscope

Flera kaskadkopplade filter

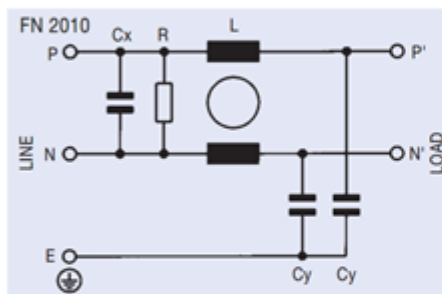


$$t_r = \sqrt{t_{r1}^2 + t_{r2}^2 + t_{r3}^2}$$

P.s.s. fört,

Sammantagen stig- och falltid för seriekopplade filter beräknas enligt ovan.

Uppbyggnad av nätfilter FN2010



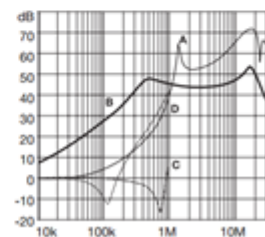
$C_x = 0,1 \mu\text{F}$,
 $R = 1 \text{ M}\Omega$
 $L = 2,5 \text{ mH (3A)}$
 $C_y = 4,7 \text{ nF}$

Se laboration 2!

EMC Elektronik



3A types

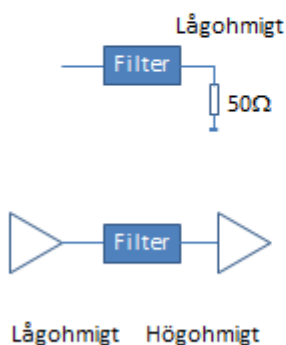


Ett sätt att förhindra ledningsburna störningar att nå sitt offer är att filtrera signalerna. Detta är användbart endast om frekvensen av störningarna skiljer sig avsevärt från frekvensen av signalen.

Den andra mätningen laboration 2 görs på ett nätavstörningsfilter FN2010. Filtret innehåller en differentiell filtrering (C_x , L), ett "Common Mode" (längsspännings)filter (L , C_y) och en BALUN.

Vi kommer att mäta frekvenskaraktäristiken för filtret, både för DM och CM.

Vilket filter skall man välja?



EMC Elektronik

		Belastningsimpedans	
		Hög	Låg
Källimpedans	Hög	Kondensator Pi-filter Dubbelt Pi-filter	L-filter Dubbelt L-filter
	Låg	L-filter Dubbelt L-filter	Drossel T-filter Dubbelt T-filter

Eftersom alla typer av filter belastar signalkällan och påverkar lastimpedansen har det en stor betydelse hur man kopplar in filtret i kedjan.

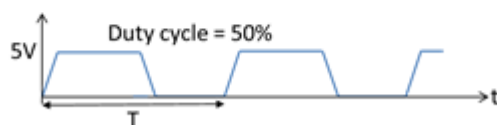
KÄLLA – FILTER – MOTTAGARE (last)

Tabellen visar visar inkopplingsprincipen för de vanligaste filtertyperna.

Läs om detta i kompendiet! Glöm inte att ett filters frekvenskaraktäristika ändras beroende på inkoppling!

Räkneexempel

- En digital signal med amplituden 5 V och frekvensen är 30 MHz ser ut som i figuren. Stigtiden t_r och falltiden t_f är båda 6% av periodtiden T . Under vilket frekvens ligger det mesta av signalens energi?



Periodtiden för signalen $T = 1/f = 33.3 \text{ ns} \Rightarrow t_r = t_f = 0.06 \times 33.3 = 2 \text{ ns}$.

Den gränshfrekvens under vilken det mesta av signalens energi finns är

$$f_b = 1/\pi t_r = 159 \text{ MHz}$$

$$(f_a = 1/\pi T = 9,55 \text{ MHz})$$

