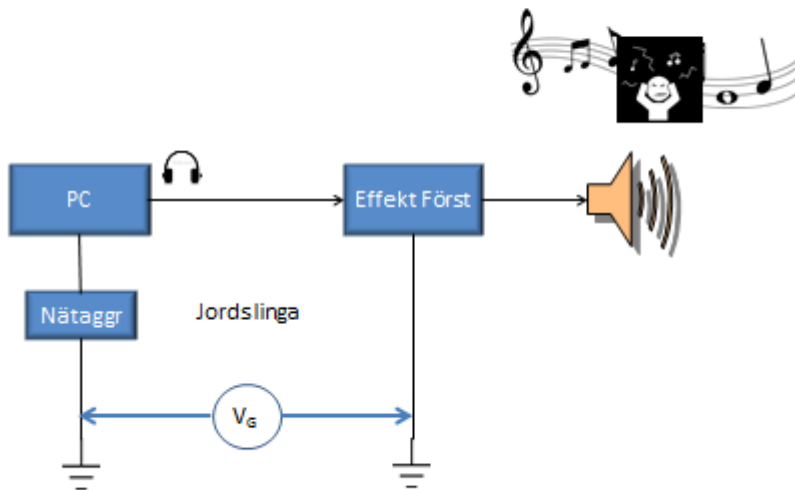
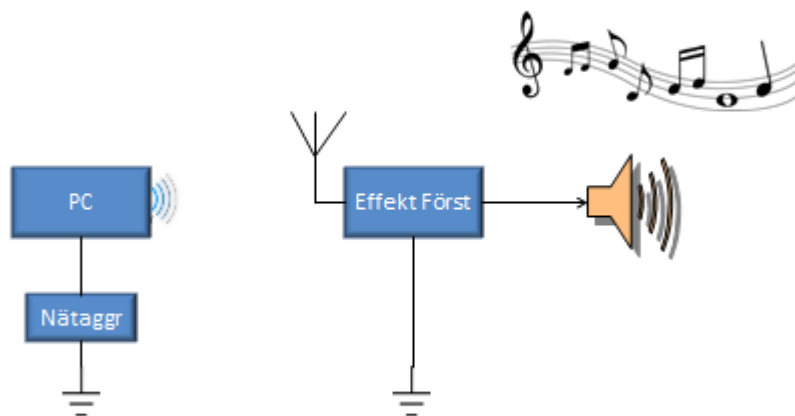


Exempel



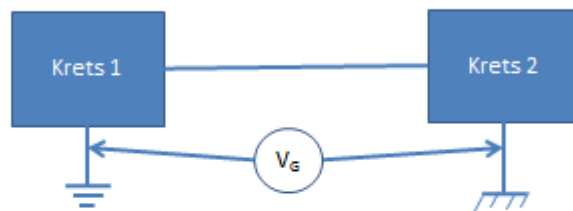
Det är lätt hänt att det blir brum eller brus i ljudanläggningar, speciellt om en dator är inblandad. Digitala klockpulser hittar ofta en väg via jordslingor till ljudförstärkare och högtalare.

Exempel



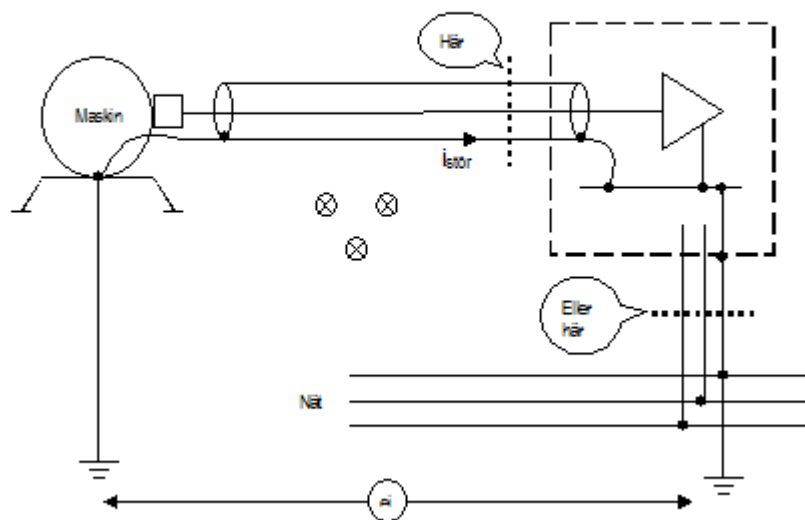
Genom att använda trödlös överföring mellan PC och ljudanläggning kan problemet kanske lösas.

Behov av isolering



- Bryta jordslingor eller kompensera längsspänningen som uppstår
- Isolera skyddszoner från varandra på kretskort eller apparat
- För nätansluten apparat måste nätanslutning eller signalanslutning isoleras

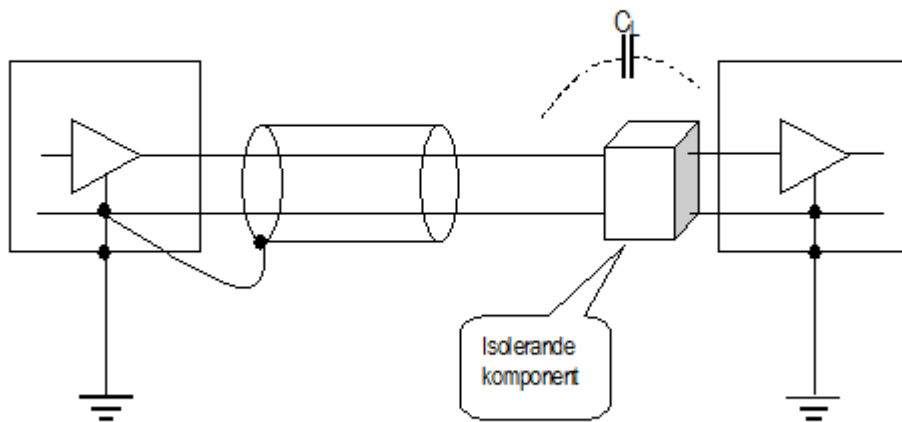
Att bryta jordslinga



EMC Elektronik

- Man kan antingen isolera jordledningar eller signalledningar.
- Vid flera anslutningar till "jord" måste man isolera **alla utom en**.
- Oftast är det billigare och bättre att isolera signalsnittet. Om det är många inkommande signaler kan det emellertid vara fördelaktigare att isolera nätanslutningen.

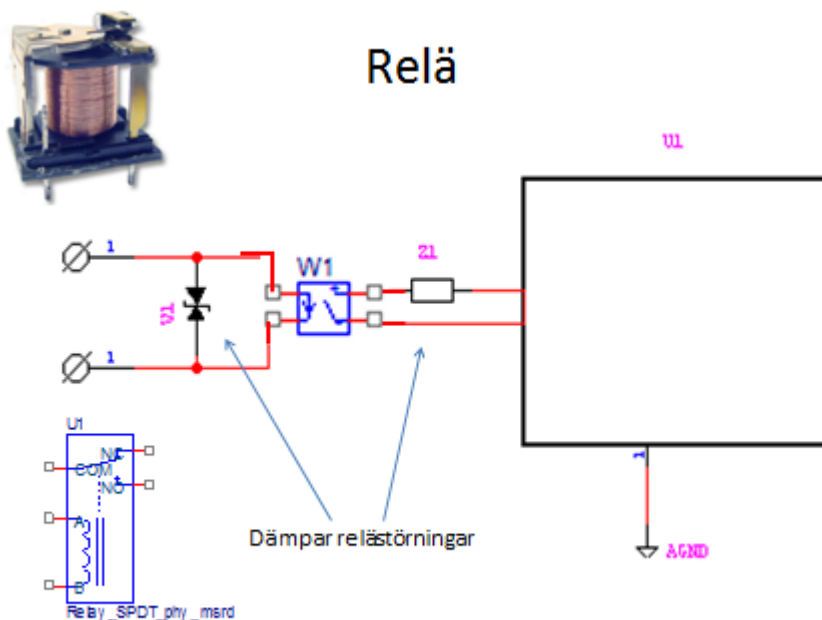
Isolering av signalsnittet



EMC Elektronik

- Den isolerande komponenten placeras oftast nära mottagaren (ofta inbyggd).
- Isolering + filter+skärm
- En bra signalisolator har en längskapacitans C_L på ca 1 pF
- Ofta använder man olika komponenter beroende hur slinga skall brytas.

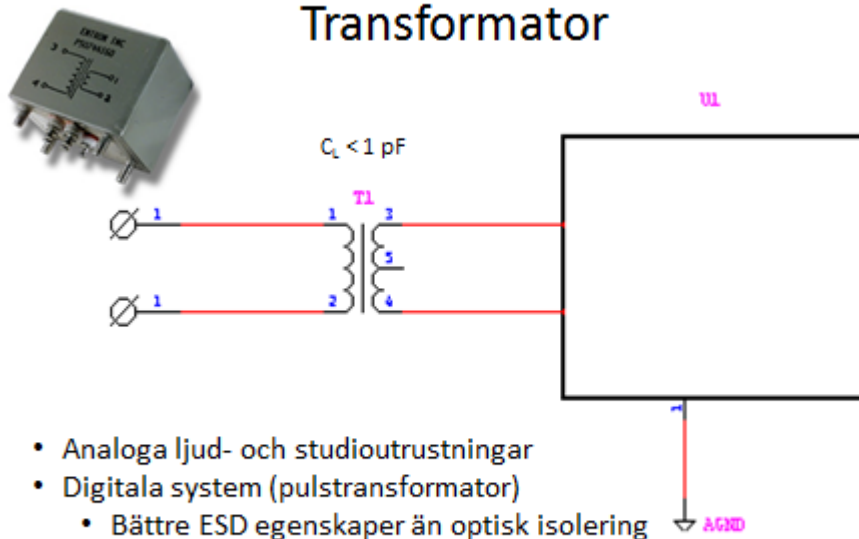
Relä



EMC Elektronik

- Ett relä isolerar fullständigt men fungerar i ett begränsat område, oftast för likström eller omodulerad signal av konstant amplitud och frekvens.
- Kan alstra störningar vid brytning och tillslag.

Transformator



EMC Elektronik

- En signaltransformator isolerar galvaniskt för likström men överför signaler
- ett ganska brett spektrum av frekvenser.
- Signalen går ut opåverkad vid relativ bredd spektrum av frekvenser.
- Kan överföra signaler i båda riktningar.
- Längskapacitans ca 1 pF.

Digital isolator



Tekniska data

Kanaler	3
Propagation delay	32 ns
Överföringshastighet	90 Mbps
Matningsspänning	2.7...5.5 V
Kapsel	SOIC-16W
Arbetstemperatur	-40...+105 °C
Isolationsspänning	2500 V _{rms}

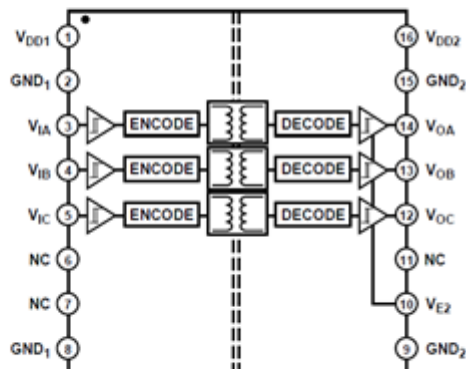


Figure 1. ADuM1300 Functional Block Diagram

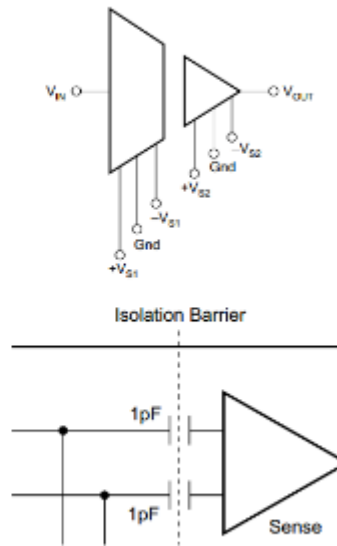
Digitala isolationskretsar är mycket vanliga och kan vara induktiva eller optiska.

Isolationsförstärkare

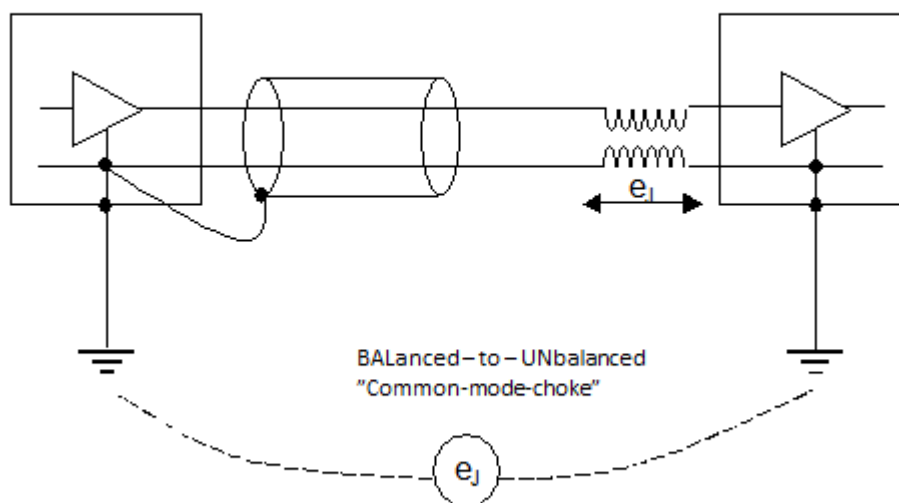
Burr Brown ISO124



The ISO124 is a precision isolation amplifier incorporating a novel duty cycle modulation-demodulation technique. The signal is transmitted digitally across a 2pF differential capacitive barrier.



Balun



EMC Elektronik

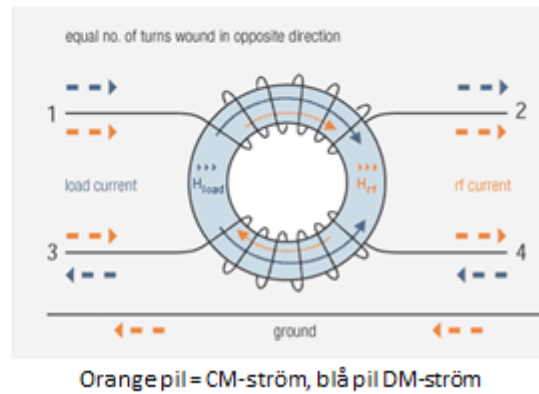
Inkoppling av balun mellan två kretsar.

Hittills har vi undersökt en instrumentförstärkare som filter för längsspänningar (common mode filter). Men det finns ett annat mycket populärt sätt att stoppa längsspänningar. Det är en s.k. BALUN, eller BALANCED to UNbalanced transformator kallad också för "common mode choke".

En BALUN har hög impedans för CM spänningar och låg impedans för DM signaler (nyttosignal).

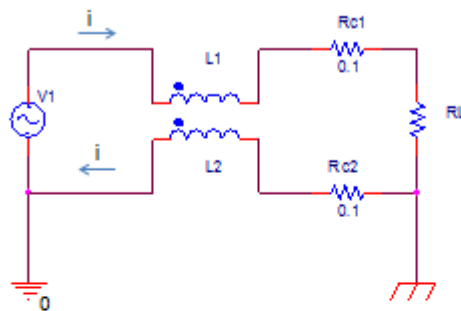
Common Mode Choke (Balun)

- Låg DM impedans, $Z=j\omega(L-M)=0$, $L=M$
- Hög CM impedans, $Z=j\omega(L+M)$



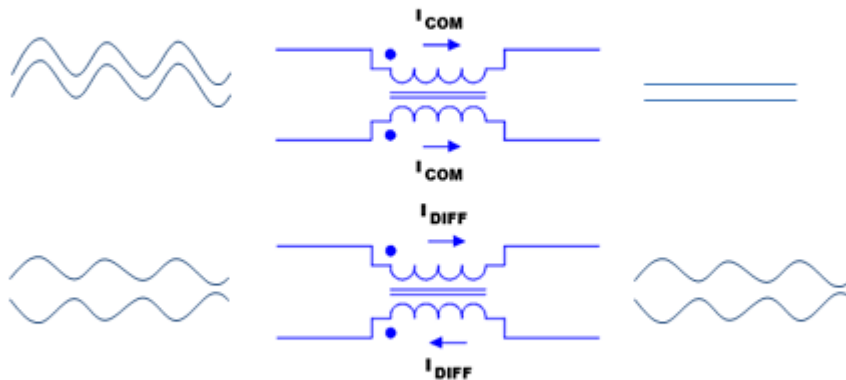
En balun kan se ut som på bilden ovan och den fungerar dämpande på längspänningar medan differentiella spänningar inte alls berörs. Detta tack vare den ömsesidiga induktansen M som bildas i en balun.

För CM strömmarna gäller att induktansen $L+M$ är stor och detta bromsar strömmarna, medan för DM strömmar är resulterande induktans $L-M$ väldigt liten, nästan noll, och DM strömmarna påverkas inte av Balun, därifrån namnet "common mode choke".



Signalströmmen i påverkas inte av L_1 och L_2 om de är lika för då är resulterande induktansen $L=L_1-M=L_2-M$ och om $L=M$ blir impedansen för differensströmmarna **noll**.

CM Choke (Balun)



Exempel på ferriter

CM Choke (Balun)



Sleeve Choke, Ferritpärla



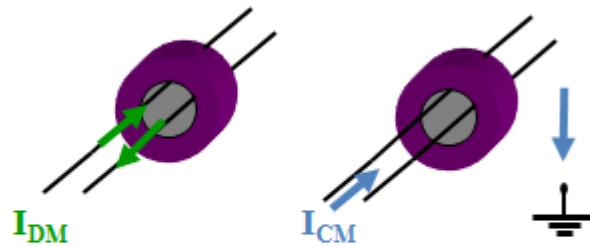
EMI filter (SMD)



Würth Elektronik

Lite bilder från verkligheten 2014.

CM choke för HF-applikationer



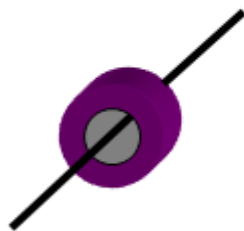
En CM choke förhindrar CM strömmar att passera men har ingen påverkan på DM strömmarna

EMC Elektronik

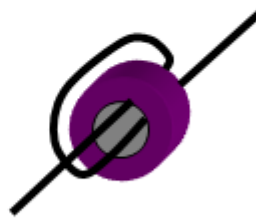
För höga frekvenser (HF) behöver man inte linda trådar runt ferritkärna, det kan räcka med att sätta en ferritring runt kabeln.

$$|Z| = \omega L$$


Ferrithylsor & -pärlor



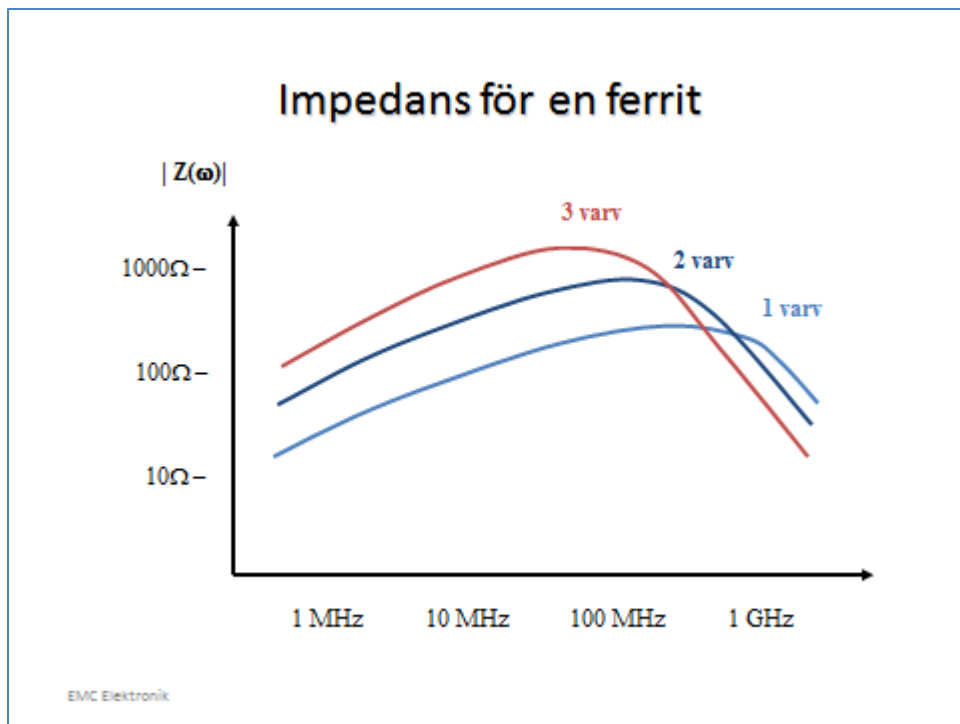
Ferritpärla på en enkel ledare



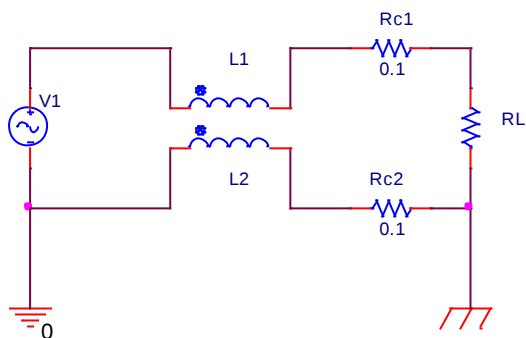
Ferritpärla med två lindningsvarv

EMC Elektronik

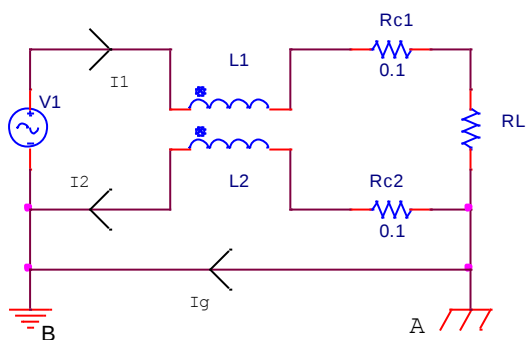
Men lindar man kabel runt ferritkärna som på bilden förstärker man verkan väsentligt. Se bilder nedan.



Som vanligt går det att visa matematiskt. Betrakta ekvivalentschema nedan.



En signalström påverkas inte av induktanser L_1 och L_2 om de är lika för då har vi att resulterande induktansen är $L=L_1-M=L_2-M$ och vid $L=M$ blir det **noll impedans för differensströmmarna**.



Man kan visa att ingen ström går genom jordkoppling ($I_g = 0$) om impedansen av L_2 är minst 5 ggr större än resistansen av kabeln R_{c2} . Eftersom impedansen av induktansen beror på frekvens kan vi omvandla de villkoren till frekvensvillkor dvs. om

$$\omega > 5 \frac{R_{c2}}{L}$$

då signalströmmen återvänder till källan genom L_2 inte genom jordledare.

R_{c1} försummas pga. ringa storleken jämfört med R_L som är i serie med den.

Om det är så att inte hela I_1 går tillbaka genom L_2 då $I_1 \neq I_2$ då måste det finnas I_g . Då kan vi skriva enligt Kirchhoffs lag längs $A \rightarrow R_{c2} \rightarrow L_2 \rightarrow B \rightarrow A$ slingan att:

$$0 = I_2 (j \omega L_2 + R_{c2}) - I_1 (j \omega M)$$

Men vi har ju att $M = L_2$ då ekvationen ger oss att

$$I_2 = I_1 \left(\frac{j \omega}{j \omega + \frac{R_{c2}}{L_2}} \right)$$

Eftersom R_{c2} är väldigt liten (ett par tionde del ohm kanske) uppnås lätt att

$$\omega > 5 \frac{R_{c2}}{L}$$

Och då kan den andra del av summan försummas och då har vi att $I_2 = I_1$ och då $I_g = 0$ vilket skulle visas här.

För signalström betyder detta att den inte påverkas alls av balun eftersom:

$$V_S = j \omega (L_1 + L_2) I_S - 2 j \omega M I_S + (R_L + R_{c2}) I_S$$

som efter $L_1 = L_2 = M$ insatta i ekvationen ger oss

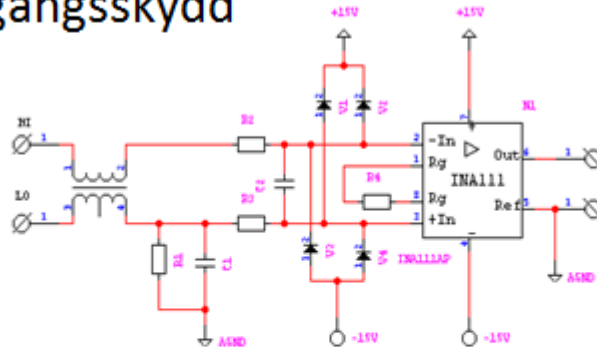
$$I_S = \frac{V_S}{R_L + R_{c2}} \cong \frac{V_S}{R_L}$$

som visar att balun har ingen inflytande på strömstorleken i lasten R_L .

Däremot om det uppstår en potentialskillnad mellan de två jordningspunkter (hur detta är möjligt berättas längre fram i kursen) då har vi att göra med en längsspänning som är lika för båda induktansen (L_1 och L_2) och den stoppas av balun.

För en uträkning av detta hänvisas till litteratur i ämne t.ex. Henry W. Ott: "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems" 2:a edition Wiley New York 1988.

Ingångsskydd



Exempel på komponentvärden för 200 kHz bandbredd

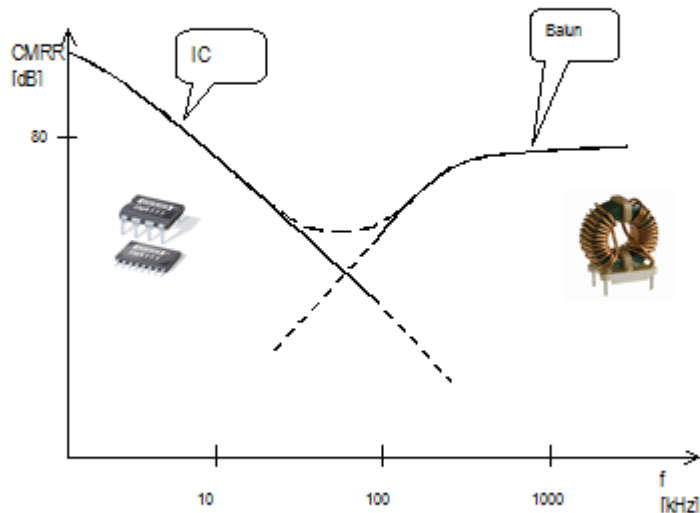
Balun:	20 varv bifilärlindad på en 6,4 mm kärna, ferrit 3H2
C1	0,1 μ F keramisk
R2-R3	470 Ω
C2	470 pF
V1-V4	1N4148

EMC Elektronik

Ju högre frekvens desto bättre verkan har en balun, vilket är precis tvärtemot det som karaktäriserar instrumentförstärkarens CMRR. Därför används ofta dessa två komponenter i serie för att komplettera varandra.

Man kan säga att en balun isolerar mottagaren från sändaren för längsspänningar.

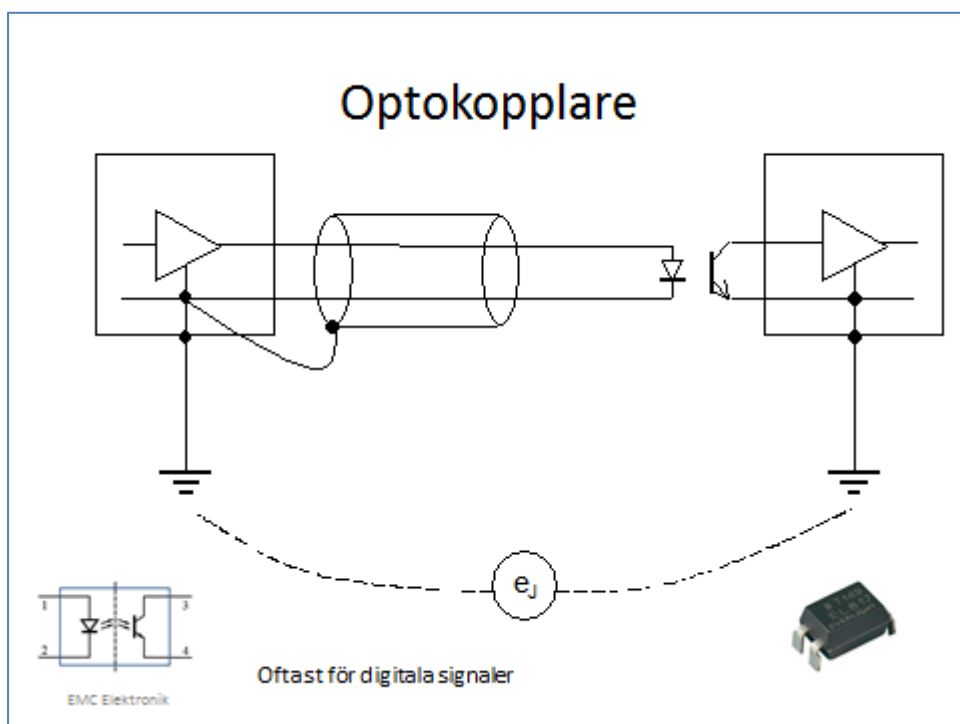
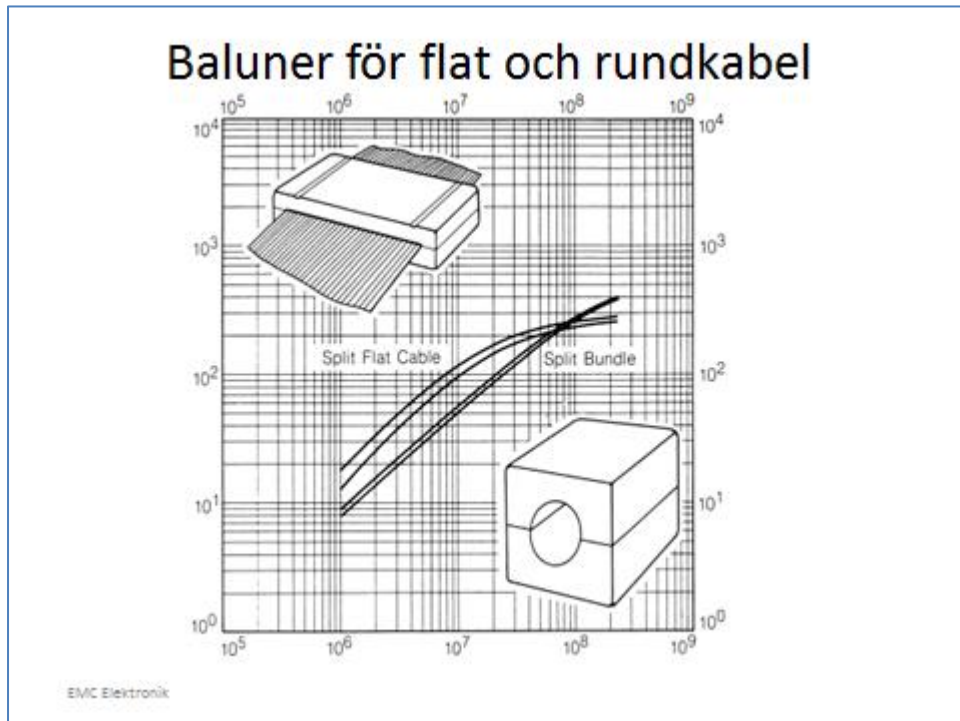
Kompletterande komponenter



EMC Elektronik

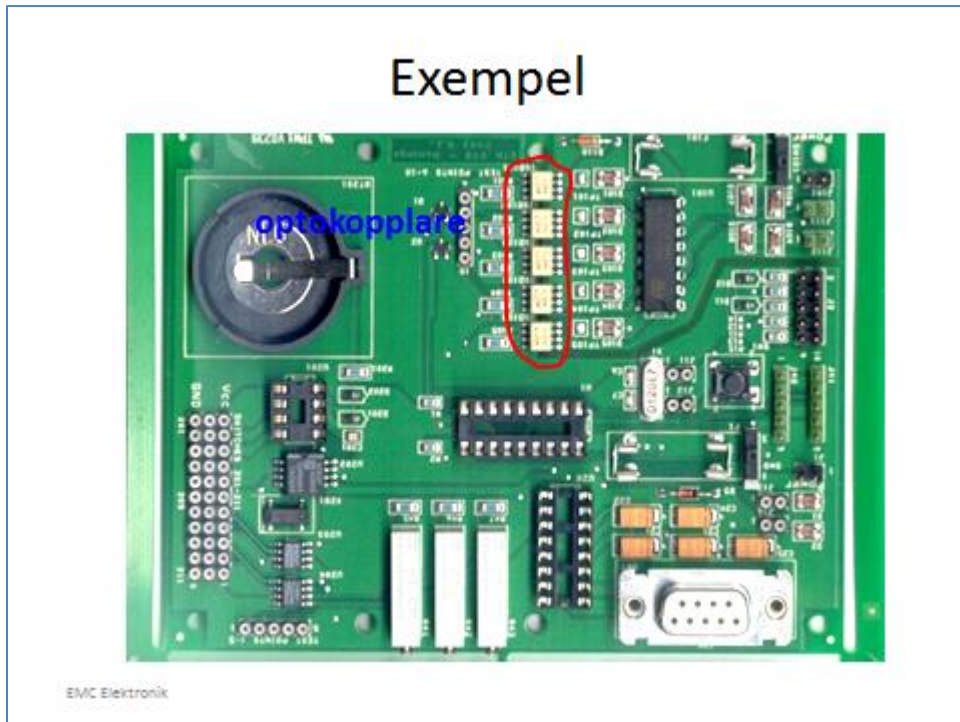
Karaktäristiken för schemat i **Error! Reference source not found.** visar en god CMRR både för låga och höga frekvenser.

Balun avbryter inte en s.k. jordslinga som ofta är orsaken till inducerade spänningar och strömmar. Den bara tvingar returströmmen av signalen att passera genom dess induktans. Balun utgör en hög impedans för längsspänningar och på det sättet dämpas de. Ibland finns det behov att bryta jordslinga helt och hållet. Då är andra komponenter användbara.



Optokopplaren är en bra isolator. Det är en komponent med en lysdiod och en fotokänslig transistor. Vid högre frekvenser är den känslig för transcienter för att det bildas en parasitkapacitans mellan diod och transistor. Högfrekventa signaler kan passera genom denna kapacitans och bilda

strömslinga ändå. Lösningar kan variera från fall till fall men ibland hjälper avskärmning mellan dioden och transistorn.



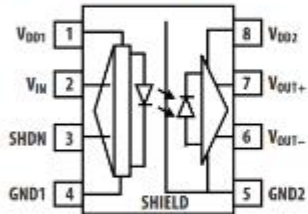
På bilden ovan ser vi ett exempel på användning av optokopplare för isoleringsändamål. Kortet är ett s.k. robotkort som konstruerats och tillverkats för kursen Elektronikdesignprojekt på KTH-Syd Campus Haninge. Motorstyrningsdelen av kortet är separerad från resten av elektroniken med ett tjockt isoleringsband. Signaler för styrning av motorer kommer till den delen genom 5 st. optokopplare (se den röda markeringen på bilden). På det sättet blandas inte starka strömmar (retur) till motorer med de svaga signalströmmarna.

Optisk isolationsförstärkare

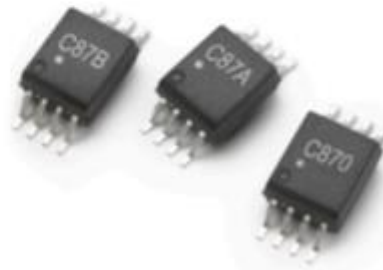
Avago ACPL-C87x

AVAGO
TECHNOLOGIES

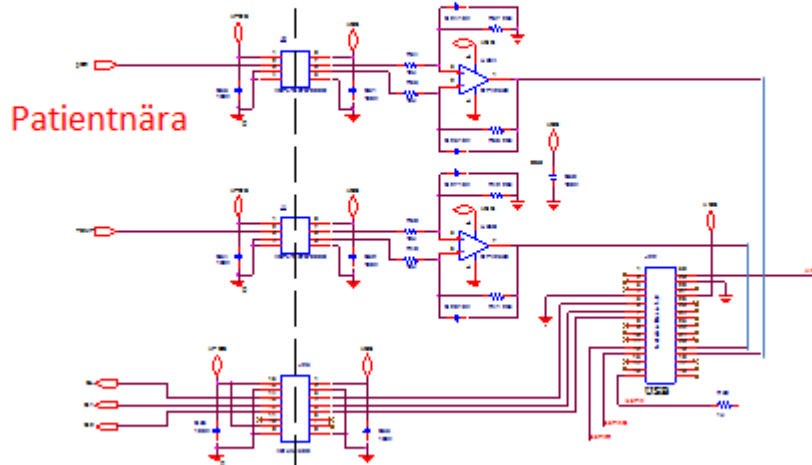
Functional Diagram



Bandbredd	100 kHz
Linjäritetsfel	0.1 %
Isolationsspänning	5000 V _{rms}
Matningsspänning	3...5.5 V
Kapsel	SSO-8



Analog (och digital) isolation



Isolationssnitt



Isolerad strömförsörjning



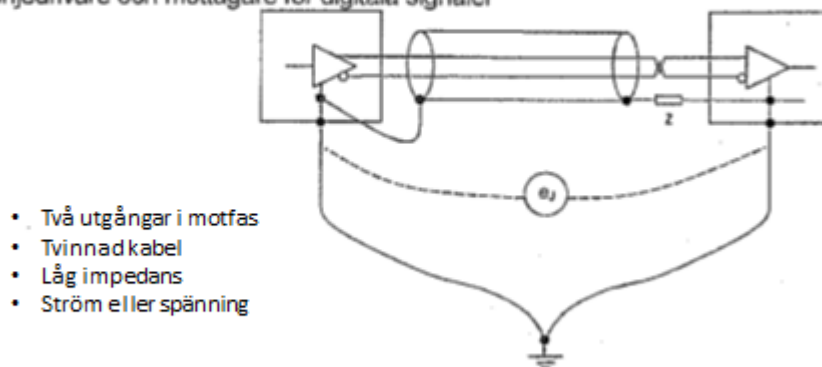
Optisk kabel



För att undvika kapacitiv koppling mellan sändare och mottagare används ofta en optisk kabel för överföring av digitala signaler.

Linjedrivare

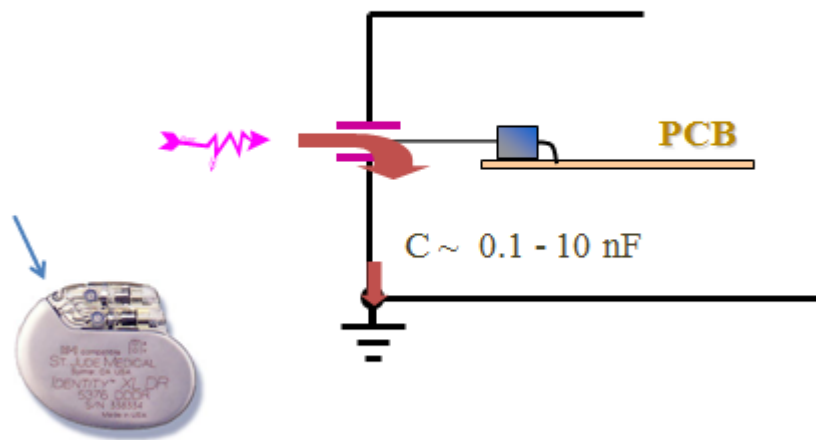
Linjedrivare och mottagare för digitala signaler



- Två utgångar i motfas
- Tvinnad kabel
- Låg impedans
- Ström eller spänning

Figur 5-20 Linjedrivare

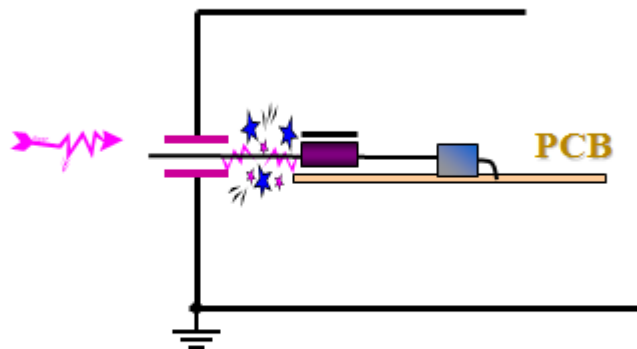
Kondensatorer till "jord" i genomföring som HF barriär



EMC Elektronik

I dagens pacemakers används en feed-through kondensator på ca 10 nF till varje terminal. På så vis förhindras att högfrekventa störsignaler kommer in till kretskort inuti titankapseln.

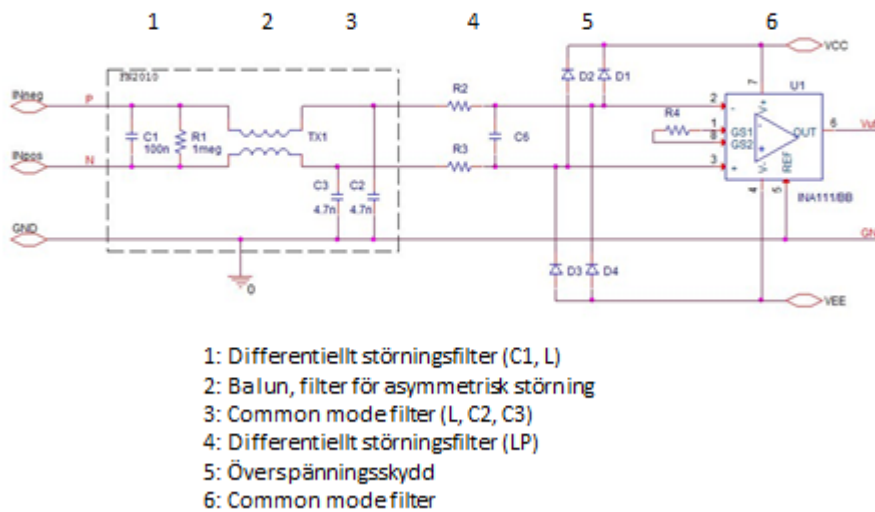
Bypass & choke



EMC Elektronik

Ofta kombineras ingångsskyddet med CM choke.

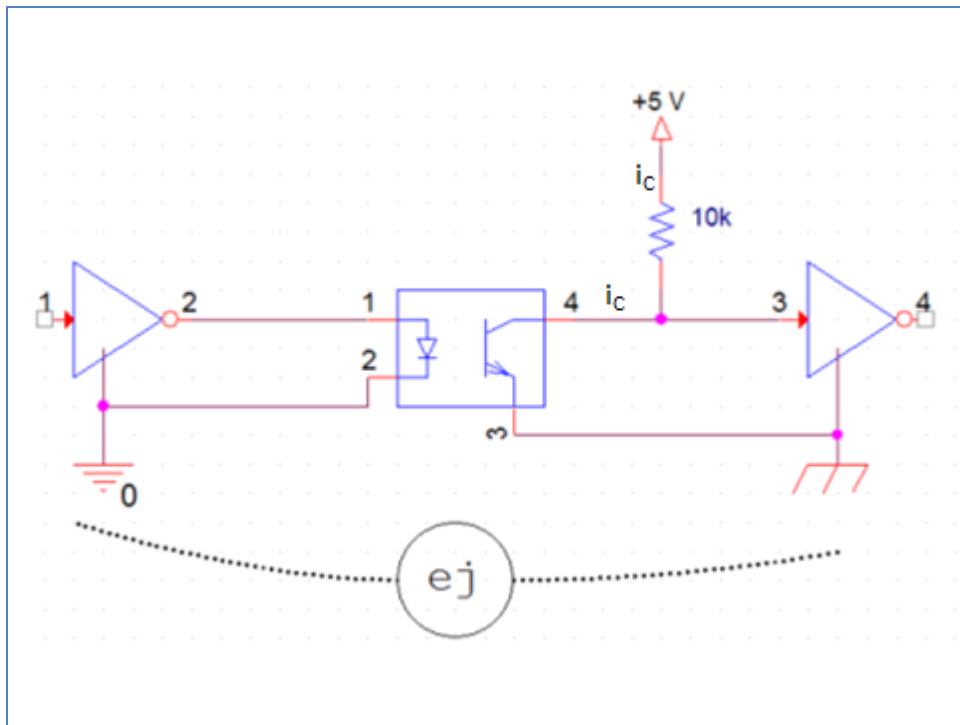
Exempel Ingångssteg



För att undvika att störsignaler tar sig in i elektroniken används ibland sofistikerade ingångsskydd.

Räkneövning Tenta 150611-4

- En oskärmad optokopplare har $C_L = 1 \text{ pF}$ längskapacitans och hälften av denna kapacitans kopplar till fototransistorns bas. Optokopplarens fototransistor har strömförstärkningen $\beta = 100$. Inverteraren till höger, som har hög inimpedans, byter värde från logisk nolla till etta då inspänningen är lägre än 2,5 V. Utspänningen från inverteraren till vänster är 0 V vilket betyder att lysdioden i optokopplaren är släckt. Vilken positiv transient spänningsförändring du/dt på "ej" krävs för att inverteraren skall till höger byta värde till etta på utgången?



Lösning:

När kollektorströmmen i_c som går genom $10\text{ k}\Omega$ motståndet är större än $2,5\text{V} / 10\text{ k}\Omega = 250\text{ }\mu\text{A}$ byter inverteraren värde. $\Rightarrow i_c > 250\text{ }\mu\text{A}$

Kollektorströmmen i_c beräknas som funktion av spänningsförändringen enligt följande.

Basströmmen $i_B = i_c / \beta$.

$$i_B = \frac{C_L}{2} \cdot \frac{du}{dt}$$

$$i_c = \beta \cdot i_B = \beta \cdot \frac{C_L}{2} \cdot \frac{du}{dt}$$

$$\frac{du}{dt} > \frac{2i_c}{\beta C_L} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-12}}$$

$\Rightarrow$ Trancienten $du/dt > 5 \cdot 10^6\text{ V/s} = 5\text{ V}/\mu\text{s}$

Lite mer om ferromagnetiska komponenter

The magnetic field

Magnetisk fältstyrka H

Each electric powered wire generate a magnetic field

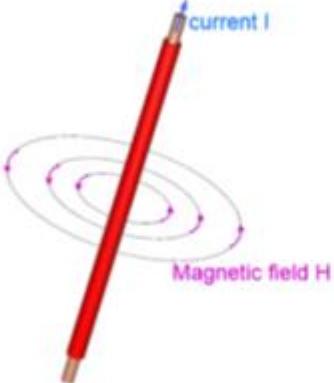


Diagram showing a straight wire carrying current I (blue arrow). The magnetic field H (pink lines) is represented by concentric circles around the wire.



Field model: A photograph showing a wire passing through a surface, with iron filings forming concentric circles around it, illustrating the magnetic field.

Henning Bomberg © Würth Elektronik eiSos 2012

The magnetic field

Magnetisk fältstyrka H

Field model

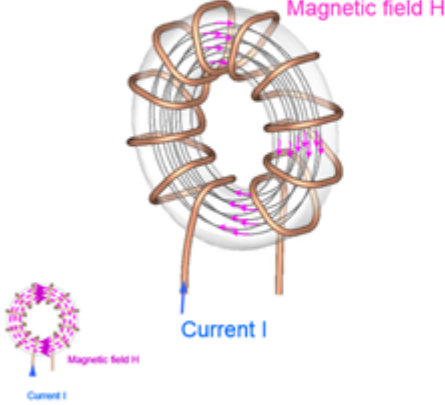
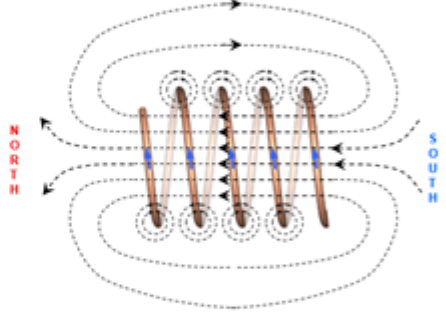


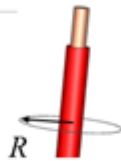
Diagram showing a solenoid (coiled wire) carrying current I (blue arrow). The magnetic field H (pink lines) is shown as concentric circles inside the solenoid. A small inset shows the field at the end of the solenoid.



Field model: A diagram showing a bar magnet with North (N) and South (S) poles. The magnetic field lines (dashed lines) are shown as loops passing from the North pole to the South pole.

Henning Bomberg © Würth Elektronik eiSos 2012

Straight wire



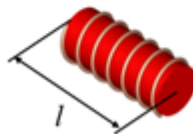
$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

Toroidal



$$H = \frac{N \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

solenoid



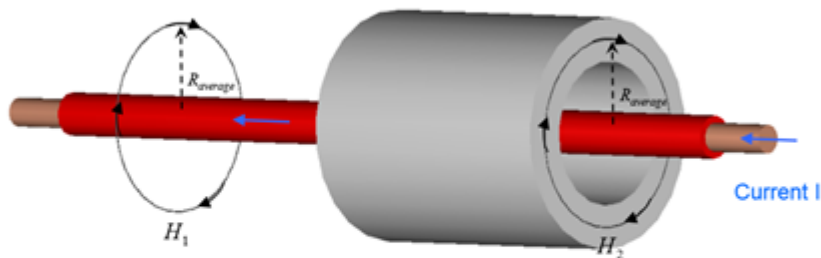
$$H = \frac{N \cdot I}{l}$$

The magnetic field strength is depending from:

- Geometries
- No. of turns
- Current

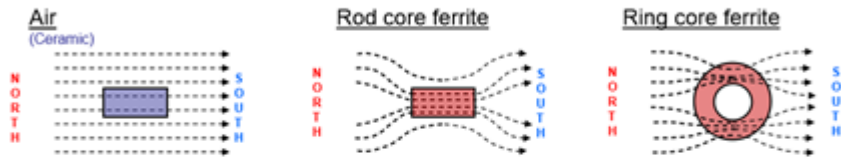
but

NOT ON MATERIAL



$$H_1 = H_2 = H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot R_{average}}$$

$$\boxed{\begin{matrix} \neq \\ B_1 & ? & B_2 \\ = \end{matrix}}$$



Induction in air:

$$B = \mu_0 \cdot H$$

linear function, because $\mu_r = 1 = \text{constant!}$

Induction in a ferrite:

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$

The relative permeability is a:
Relativ magnetisk permeabilitet

material-
frequency-
temperature-
current-
pressure-

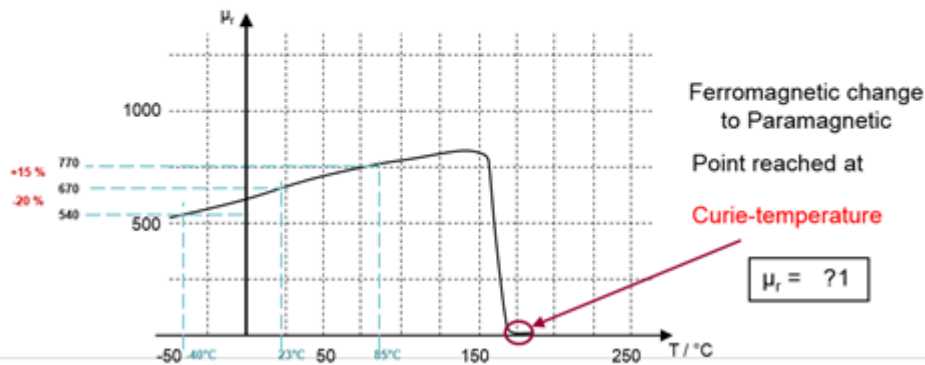
-dependant parameter

Henning Bomberg © Würth Elektronik eiSos 2012

Permeability – Core material parameter

Temperature influence

- The magnetization depends from the temperature



Henning Bomberg © Würth Elektronik eiSos 2012

How can we find out what interference we have?



Common mode or differential mode?

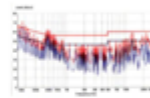
Take a Snap Ferrite and fix it on the cable
(both lines e.g. VCC and GND)

if noise is reduced or
noise immunity increase

you have Common Mode Interference

If not

you have Differential Mode Interference



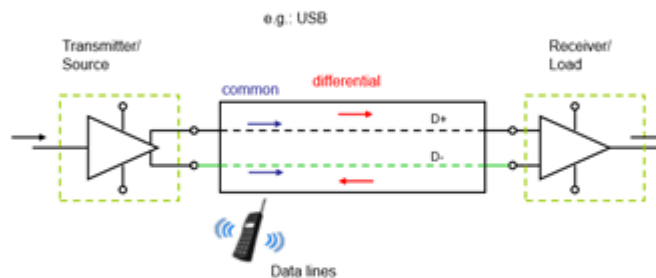
e.g. Common mode
choke

e.g. chip bead ferrite

Common Mode Filter – Signal theories



Noise mode:



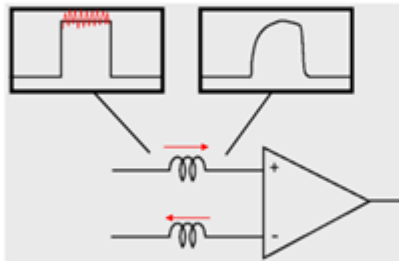
- Common mode noise
- Differential mode noise

Common mode choke - advantages



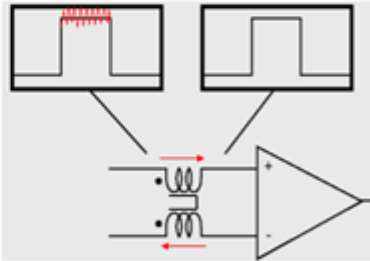
Filter with two inductors

Filter input Filter output



Filter with CMC

Filter input Filter output



- Signal not affected
- Noise attenuated even close to the signal frequency