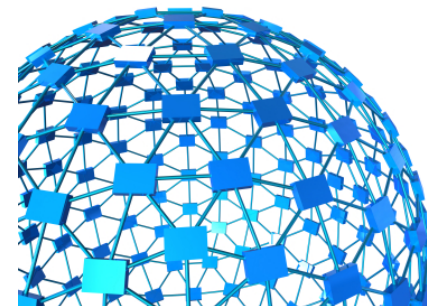


# Internet består till största delen av kabelanslutna datakommunikationsutrustningar

Att bygga ett stabilt globalt täckande datanät är en stor *elektrisk* utmaning!



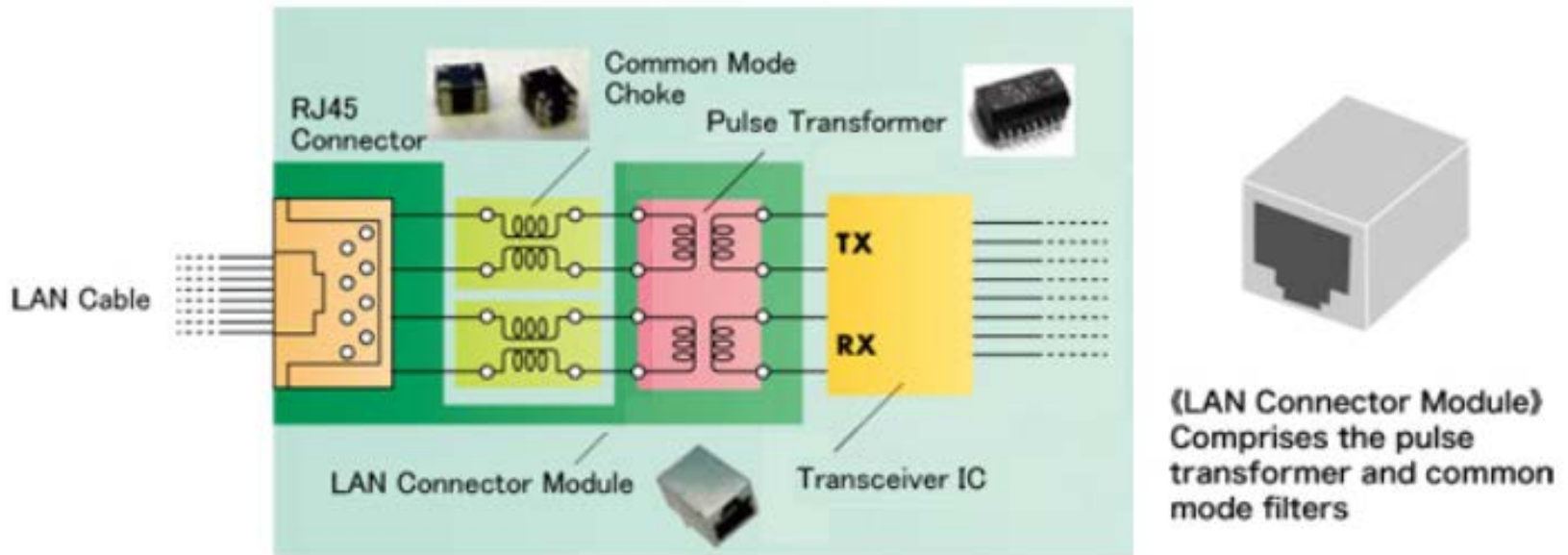
*Internets robusta  
hårdvara*



*Hur bekämpar  
man elektriska  
störningar?*



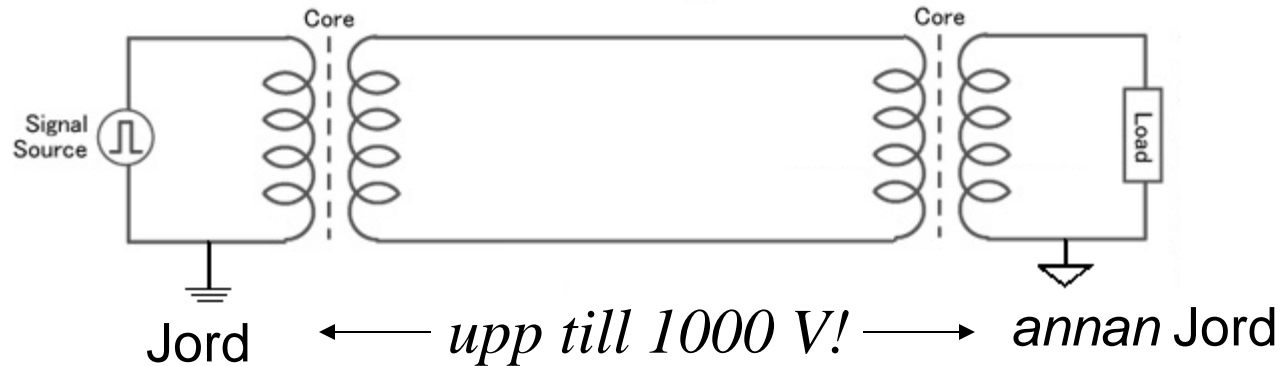
# Ethernetkontakten



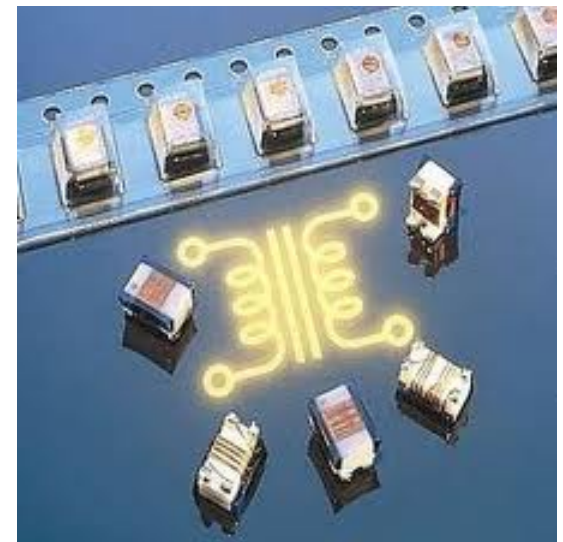
Ethernetkontakten innehåller:

- Pulstransformator
- Common Mode Choke (störskyddsdrossel)

# Isolering med transformator

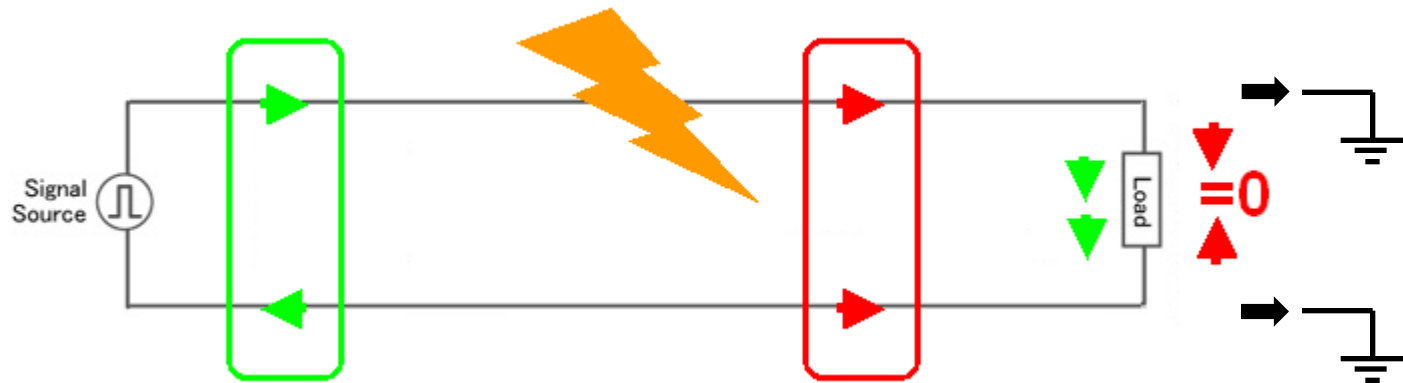


Transformatorerna *isolerar* olika utrustningar från varandra även om jord-potentialerna skulle råka skilja sig med upp till 1000 V!



# Signaler och Störningar

Alla ledningar har kapacitans mot jord. Signaler kan därför ”läcka” från ledningarna till jord.

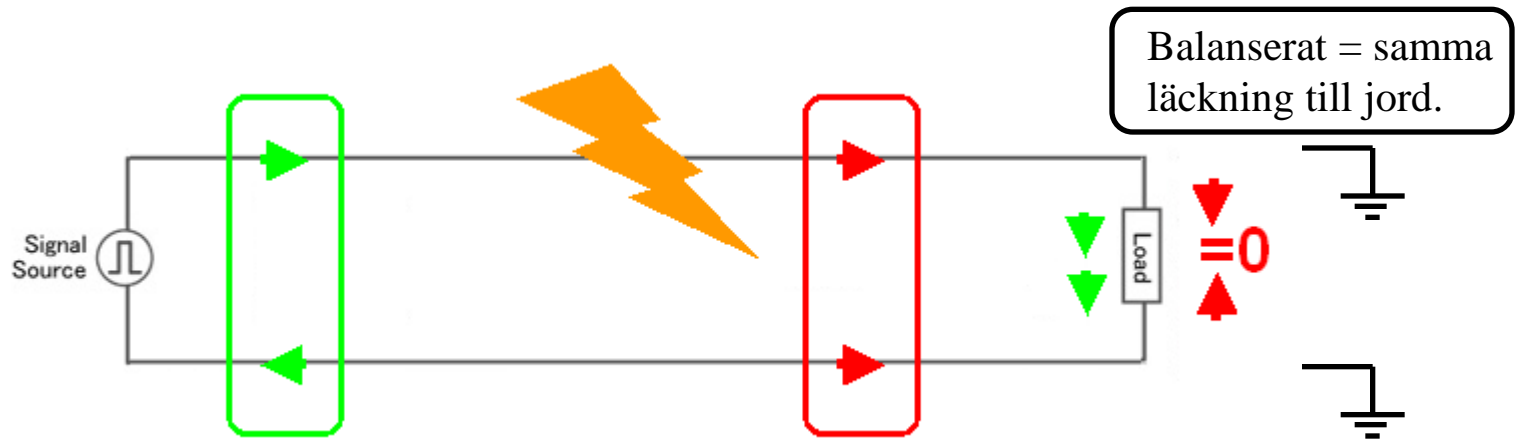


*Signaler är differential mode **DM***

*Störningar är common mode **CM***

- Signaler är **differential mode**, de har *olika* strömriktning i ledare och återledare.
- Störningar är **common mode**, de har genererats utifrån och har *samma* strömriktning i både ledare och återledare.

# Balanserad utrustning

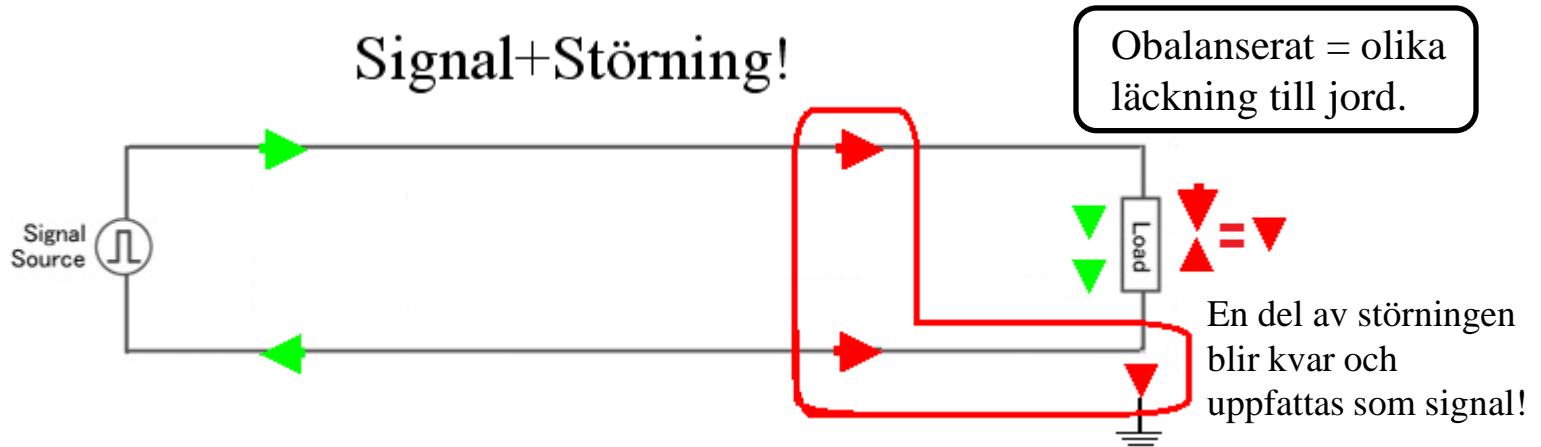


*Signaler är  
differential  
mode **DM***

*Störningar är  
common  
mode **CM***

Commonmode-störningar ger *ingen* påverkan på signalen om man har en **balanserad** utrustning.

# Obalanserad utrustning



*Signaler är  
differential mode **DM***

*Störningar är  
common mode **CM***

En **obalanserad** utrustning har ”närmare” till jord för den *ena* ledaren, en del av störningen tar då den vägen – den kvarvarande *resten* av störningen uppfattas som om det vore en signal!

- Man eftersträvar därför *alltid* **balanserad** utrustning.

# Vilket instrument undertrycker commonmode-störningar?



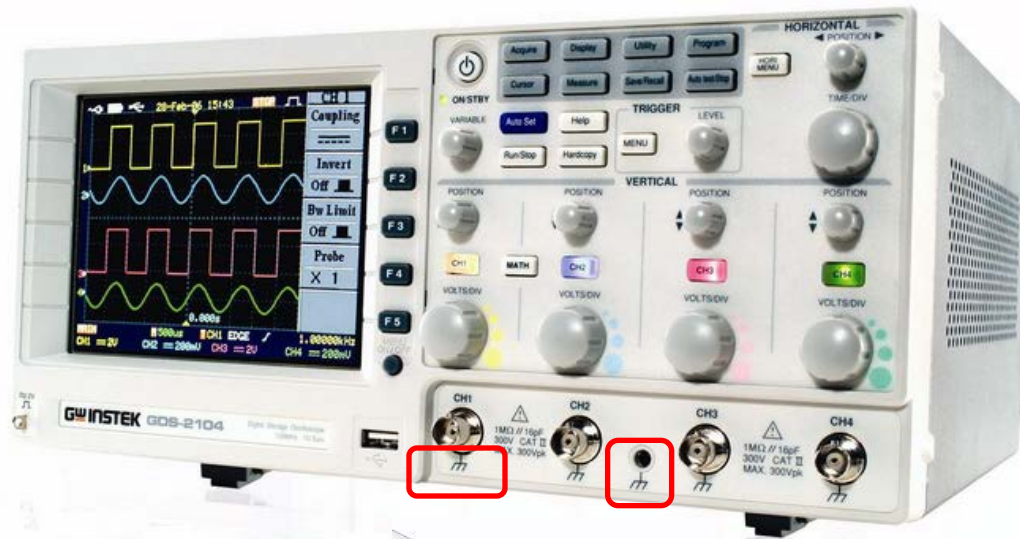
10000 kr



100 kr



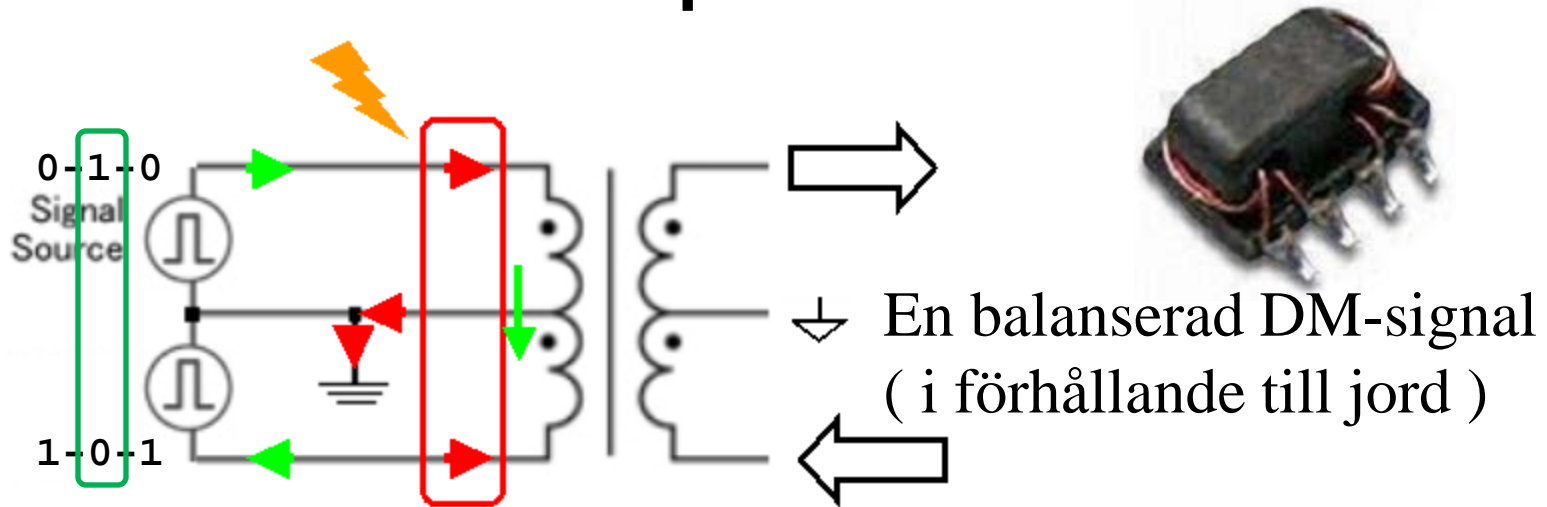
# Vilket instrument undertrycker commonmode-störningar?



- Det billiga handhållna visarinstrumentet är isolerat från jord och är helt okänsligt för commonmodespänningar!
- Det dyra oscilloskopet har jordade ingångar och blir därmed känsligt för commonmodestörningar!



# Balanserad pulstransformator



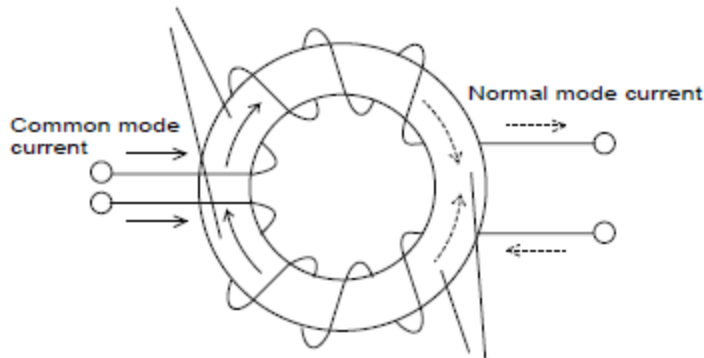
Den utsända datasignalen består av två ”motriktade” pulser som tillsammans driver en ström genom *båda* lindningshalvorna. Lokala störningar uppträder common mode och kommer i stället att ledas till jord. Dom når aldrig transformatorns sekundärsida.

Resultatet blir en *isolerad* och *balanserad DM-signal* befriad från ”lokala” störningar.

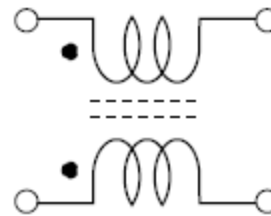
# Störskyddsrossel

## CM-Choke

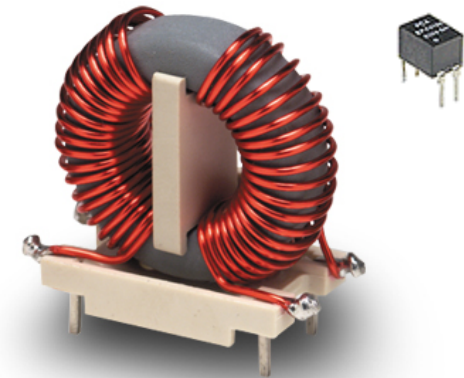
Magnetic flux caused by common mode current is accumulated, producing impedance.



Magnetic flux caused by differential mode current cancels each other, and impedance is not produced.



$$L_{SER} = L_1 + L_2 - 2M$$
$$L_{PAR} = \frac{L_1 \cdot L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$$



- **Störningar**, common-mode ström (= parallellkopplade spolar), möter induktans och *bromsas* därför

$$k = 0,9 \Rightarrow M = 0,9L \quad L_{TOT} = \frac{L \cdot L - (0,9L)^2}{L + L - 2 \cdot 0,9L} = \frac{0,19}{0,2} L \approx L$$

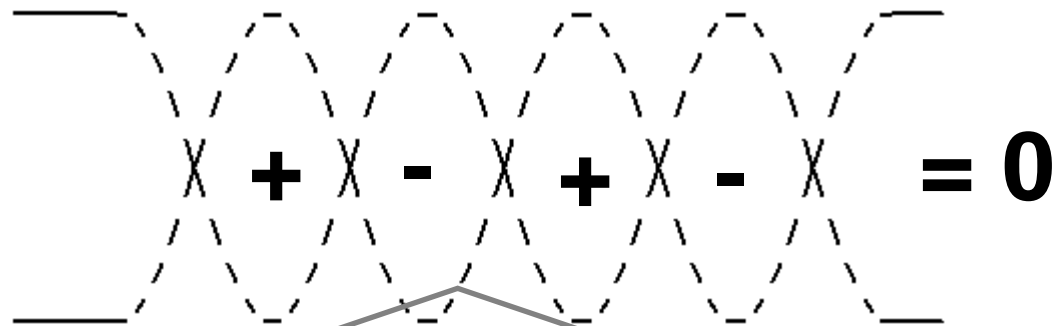
- **Signalen**, differential-mode ström (= seriekopplade spolar), möter knappast någon induktans alls!

$$k = 0,9 \Rightarrow M = 0,9L \quad L_{TOT} = L + L - 2 \cdot 0,9L = 0,2L \approx 0$$

# Partvinnad kabel

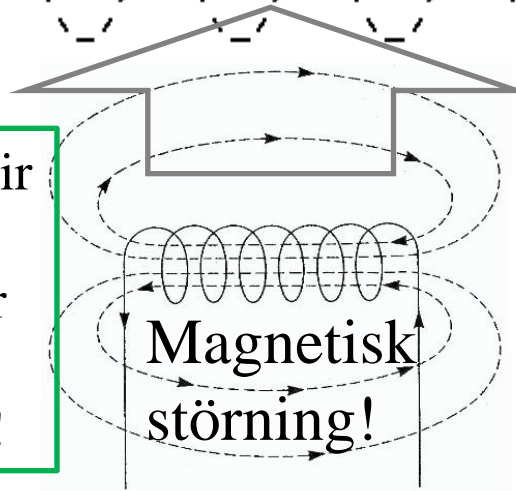


- Mellan utrustningarna används partvinnad kabel.



En partvinnad kabel blir

- okänslig för **elektromagnetiska** störningar utifrån, resulterande inducerad emk blir  $\approx 0$ !



Trådarna är hårt kopplade till varandra  $k \approx 1$ .

$L_{TOT} = L + L - 2L \approx 0$

- Ledningsinduktansen blir  $\approx 0$  för signalen, men  $\neq 0$  för störningen!

# Skärmad kabel?

Folieskärm

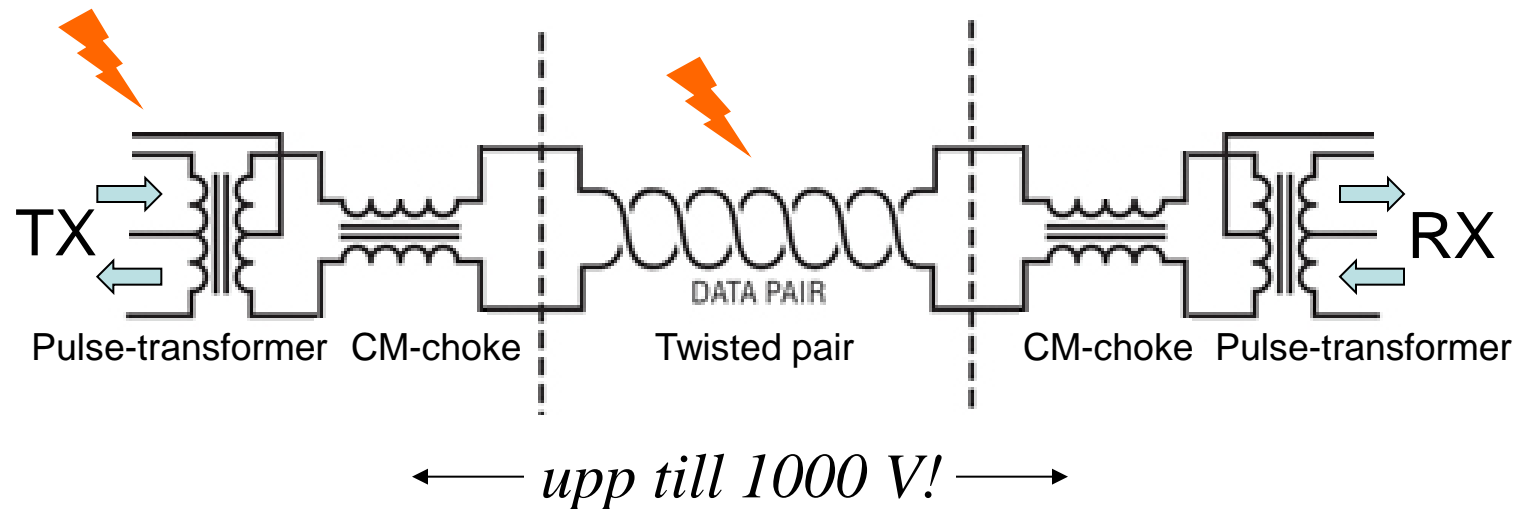
En skärmad kabel  
blir okänslig för  
**elektriska**  
störningar/fält – som  
en "Faradays bur".



*Lugn, han klarar sig ...*

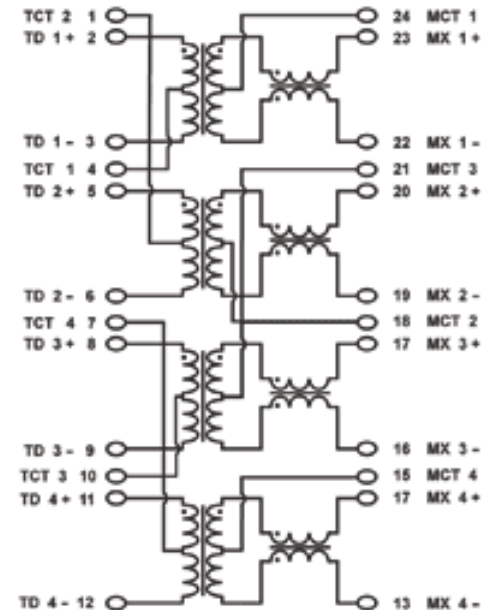
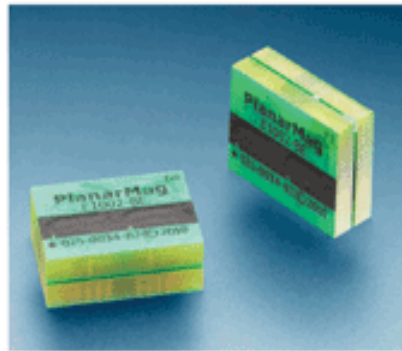
- Mot radiofrekventa störningar kan en skärmad Ethernetkabel användas.

# Hela dataöverföringen



# Ethernetfiltret som komponent

Ethernetfiltret kan köpas som en färdig komponent, monterad i kontakten.

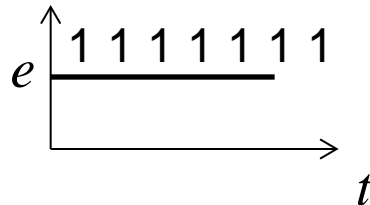
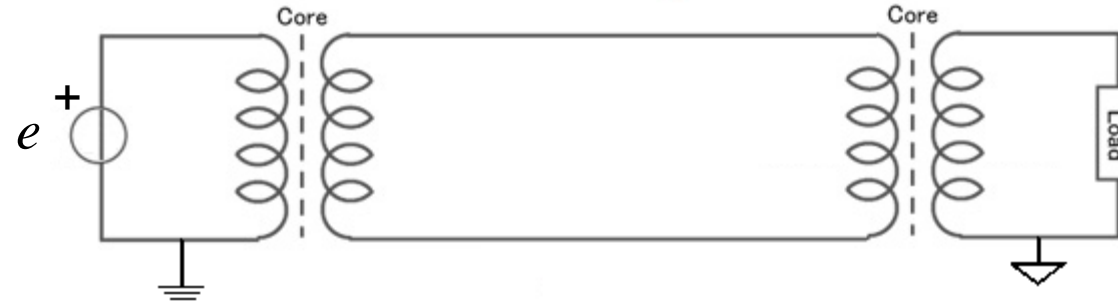


1000BASE-CX **Gigabit Ethernet** för partvinnade kablar.

Innehåller både **Pulstransformatorer** och **CM-Choke's**



# Data genom transformator?

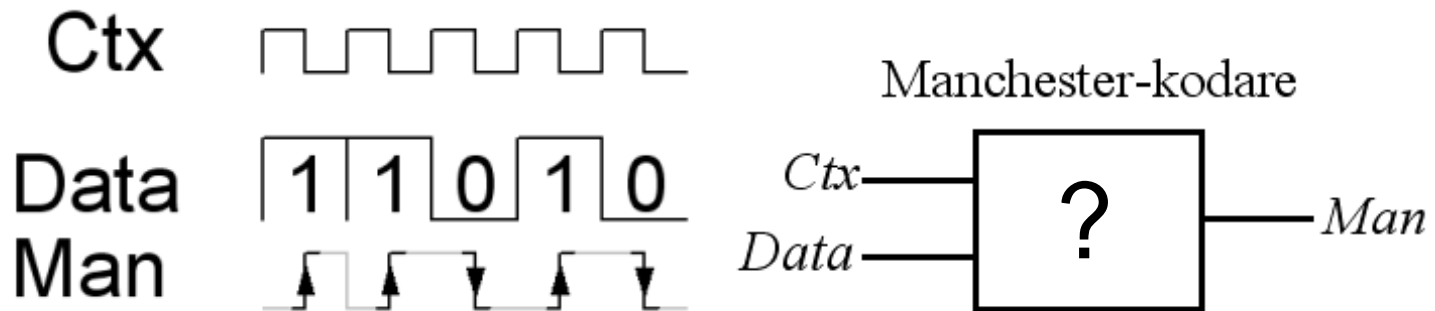


Data får *inte* vara *konstant* någon längre tid eftersom "likspänningar" inte kan passera genom transformatorer!

- Därför är data "Manchesterkodat".

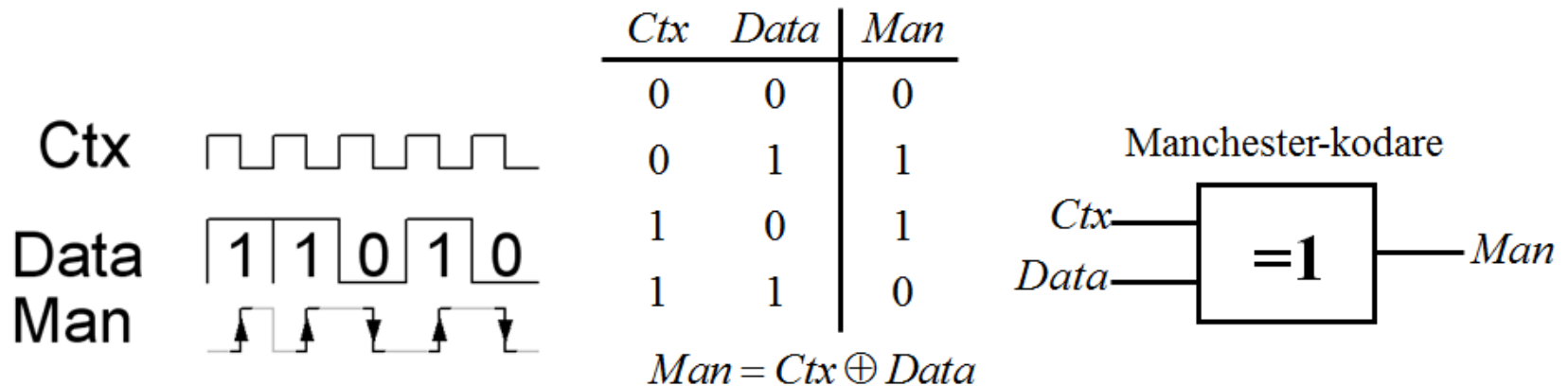
# Manchesterkodning

Manchesterkodning innebär att 1 och 0 representeras av positiva och negativa flanker. Signalen ändrar sig hela tiden även när data är konstant och kan därför passera genom transformatorer!



( Kommer Du ihåg grindarna från Digital Design?  
Vad tror Du finns inuti Manchesterkodaren? )

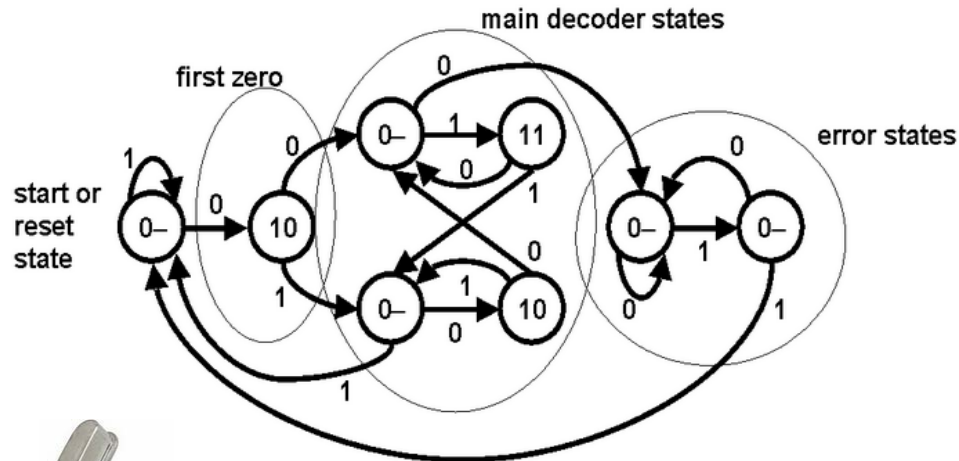
# ( Manchesterkodaren )



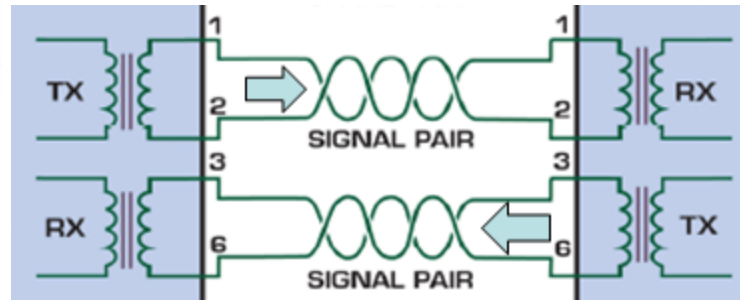
Det räcker med en enda EXOR-grind för att tillverka en Manchestersignal från datat och klockpulserna!

# ( Manchesteravkodaren )

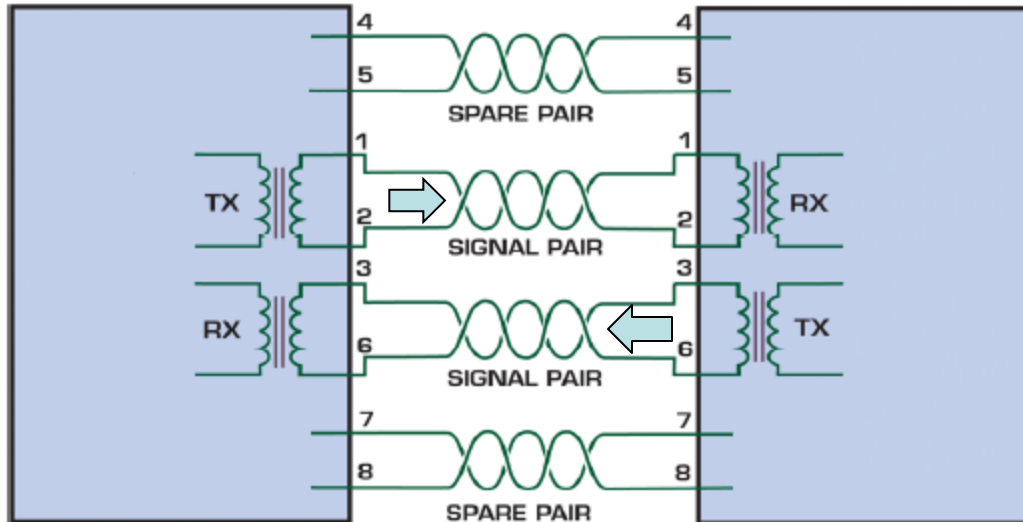
- Med ett sekvensnät på mottagarsidan kan man sedan utvinna *både* klocksignalen **Ctx** och signalen **Data** ur manchestersignalen **Man**.
- Båda sidor har sina egna lokala klockpulser som *inte* behöver vara exakt lika.



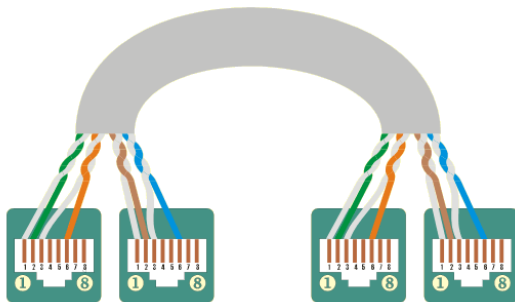
Sekvensnätet för manchesteravkodaren är lite för komplicerat för att få vara med på en Digital Design-tenta!



# Ethernet kontakten



4 signalpar, varav två reservledningar.  
Vad kan man använda reservledningarna till?

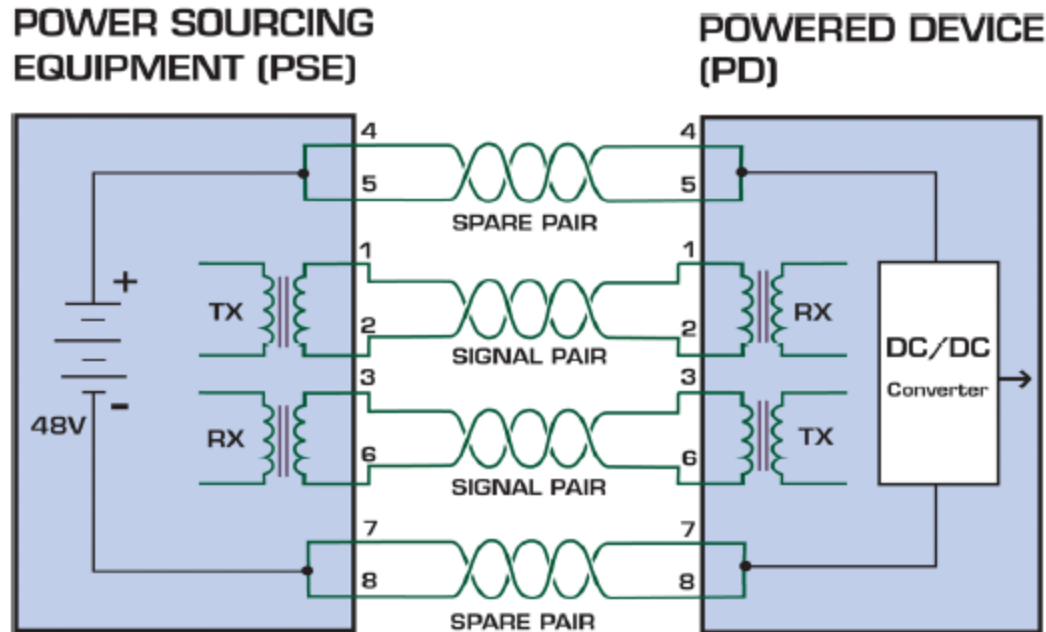


## Reservledningar?

- två utrustningar kan dela på en kabel (100Mb/s),  
*eller*
- högre överföringskapacitet (1000Mb/s) !



# Spänningsmatning över ethernet

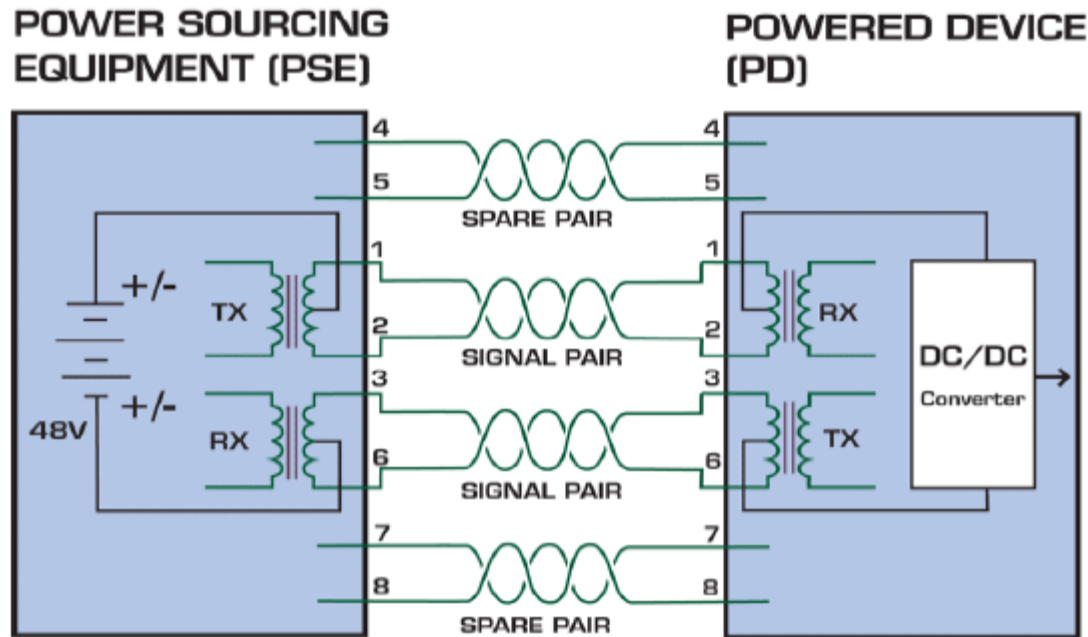


**Reservledningar?** • spänningsmatning över ethernet

*Dumt att använda "reservledningarna" (Spare pair) till spänning – det är bättre att använda dem till dataöverföring (1000Mb/s).*



# Spänningsmatning över ethernet



- Det ”smarta” sättet som *inte* utnyttjar ”reservledningarna” ...

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)