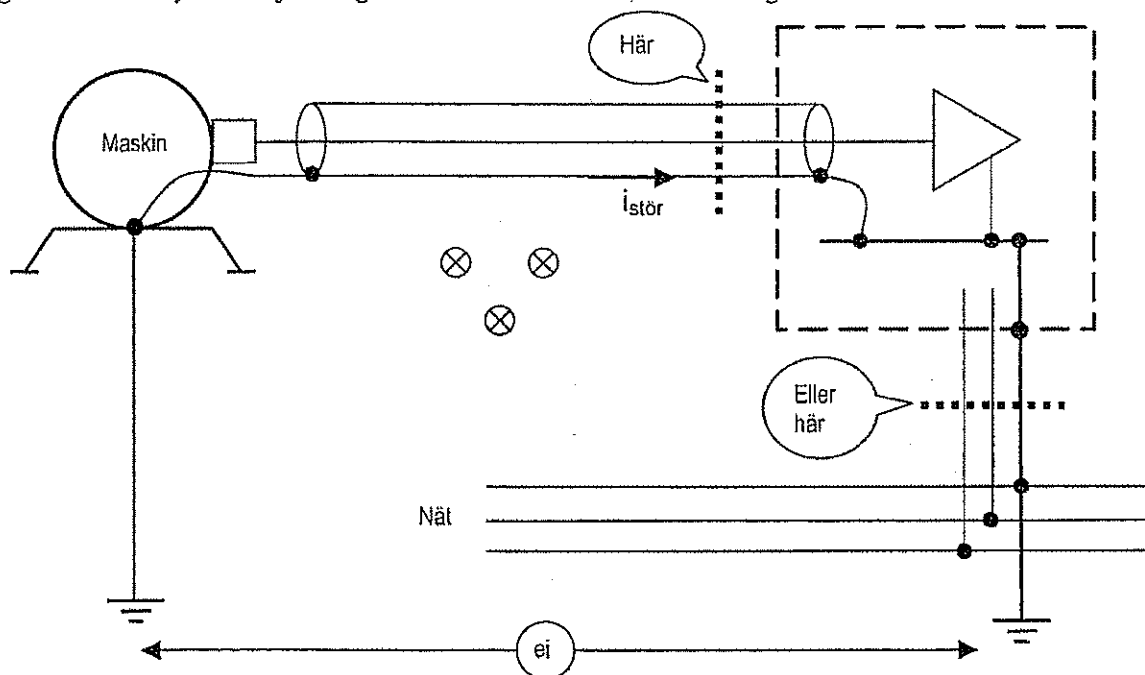


Kapitel 5 Isolering

Inledning

Som vi tidigare har konstaterat uppstår det stora störströmmar när man kopplar ihop två objekt som är jordade på var sitt håll. Om den ihopkopplande ledaren dessutom är en signalledare får man också en stor störning på den överförda signalen. För att bryta denna jordslinga finns bara två alternativ, att isolera signalsnittet och att isolera nätanslutningen



Figur 5-1 Jordslinga

Om apparaten har fler än två anslutningar måste man isolera *alla* anslutningar utom en om de inkommande ledningarna är refererade till olika jordpotentialer.

Oftast är det både billigare och bättre (elektriskt sett) att isolera signalsnittet. Men om man har många inkommande kablar kan det vara fördelaktigt att även isolera nätsidan. Då blir kravet på längsspänningsundertryckning inte så stort för var och en av ingångarna.

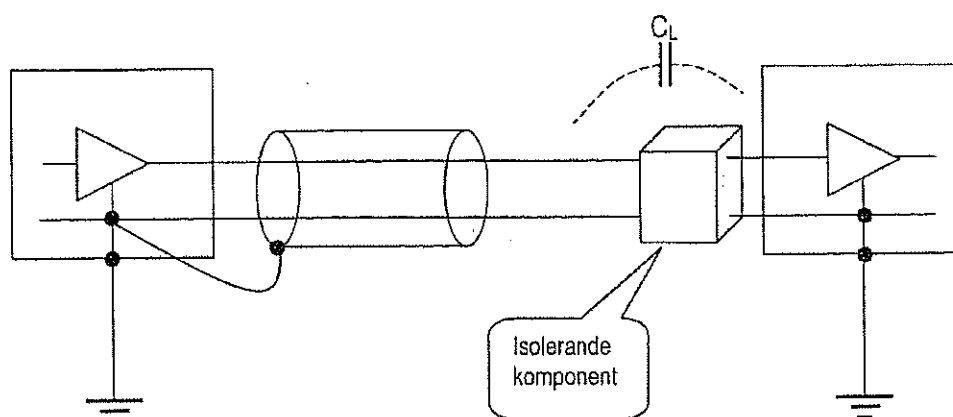
Ofta är dessutom nätet den största störningskällan i en installation. Då kan isolering av nätet vara särskilt verkningsfull.

Vi börjar med att se på isolering av signalsnittet.

Isolering av signalsnittet

Rent generellt kan en isolerande komponent placeras var som helst längs en signalledare, i sändaränden, mottagaränden eller någonstans däremellan. Det vanligaste är dock att isoleringen placeras i mottagande ände av förbindelsen och byggs in där.

En isolerande komponent har också ofta en filtrerande funktion eller så kombineras den med ett filter. Då måste den placeras i anslutning till en skärm för att vara verksam, som vi tidigare har konstaterat.



Figur 5-2 Isolering

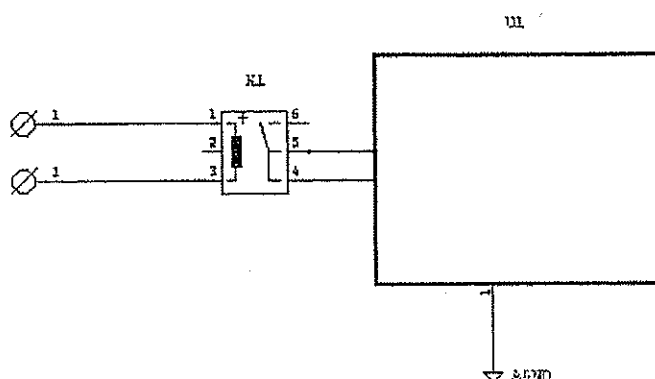
Därför är det mindre vanligt att placera den isolerande komponenten utanför de skärmade sändande och mottagande enheterna.

Ofta behövs ett överspänningsskydd i samband med ett isolerande snitt. Det är i den isolerande komponenten, som har hög impedans i längsspänningsriktningen, som den stora effekten utvecklas vid överspänning. Dessutom finns alltid en risk för *överslag* som förstör isolation med mera.

Det är viktigt att hålla reda på var de isolerande snitten i en konstruktion finns så att man inte felaktigt överbryggas dem med andra signal- eller nolleddare. Den enda förbindelse som skall finnas över ett isolerande snitt är ledningarna till överspänningsskyddet. Dessa ledare skall ha tillräcklig area för att klara den toppström som man kan förvänta i snittet.

Den parameter som avgör hur pass bra en isolerande komponent är, är dess längskapacitans C_L . Om C_L är stor överförs en stor del av längsspänningsstöringen till det isolerade delsystemet. En bra signalisolator har en längskapacitans i storleksordningen 1 pF.

Isolering med relä



Figur 5-3 Isoleringsrelä

Ett relä är en isolerande komponent oavsett om det är elektromekaniskt eller halvledarbestyckat.

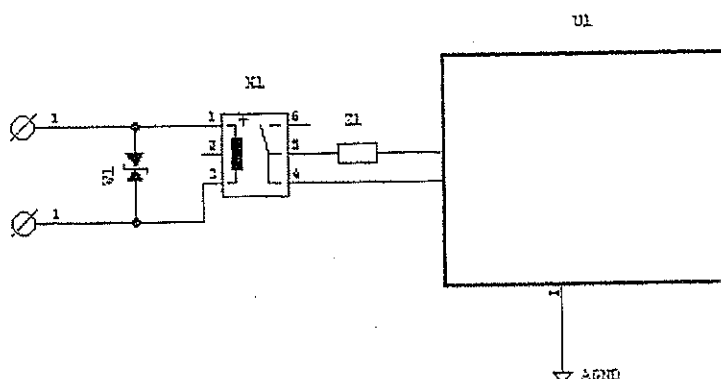
Dock:

Kom ihåg att ett relä alstrar störningar på två sätt:

Genom spolens induktans som ger en spänningstopp vid brytning.

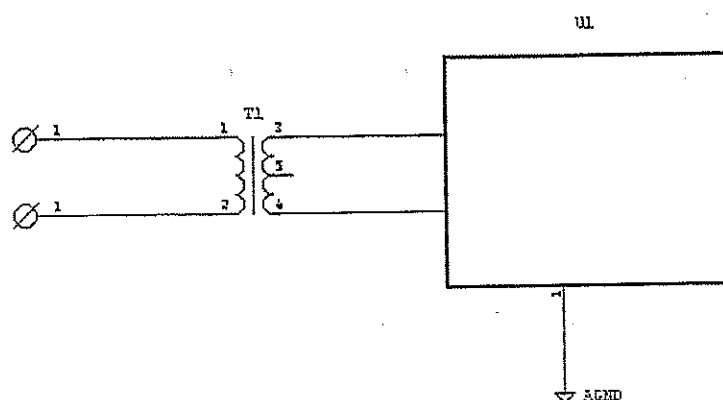
Genom kontaktarnas låga resistans som ger en strömstopp vid tillslag.

Dessa effekter begränsas genom parallell- respektive seriekoppling med lämplig komponent, som till exempel:



Figur 5-4 Dämpning av relästörning

Isolering med transformator



Figur 5-5 Isoleringstransformator

Transformatorer används för isolering av signaler främst i två fall:

Analoga ljud- och studioutrustningar:

Här används transformatorer för att bryta jordslingor mellan apparater som trots den stora signaldynamiken saknar flytande/differentiella ingångar.

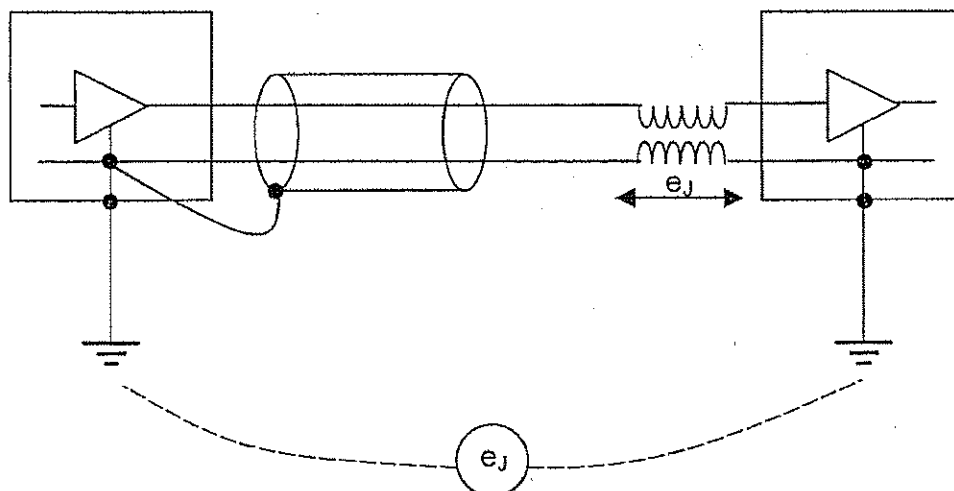
Digitala system:

En transformator för digital överföring kallas *pulstransformator*. Innan optokopplare blev vanliga på 70-talet var pulstransformatorer vanliga. De börjar nu bli vanliga igen tack vare att de är mer robusta och har längre livslängd än optokopplare som kan ha svårt att klara ESD och andra spänningstoppar.

Med en transformator kan man överföra signal i båda riktningarna. Likströmskomponenten kan dock inte överföras.

En bra pulstransformator har en längskapacitans i storleksordningen 1 pF.

Isolering med balun



Figur 5-6 Isolering med balun

Benämningen BALUN är en typisk amerikansk sammandragning av BALANCED-to-UNbalanced som syftar på komponentens förmåga att överföra en balanserad signal till obalanserad, och vice versa. Den kallas också "common-mode-choke" eftersom den har stor impedans för commonspänningar men liten impedans för nyttsignalen.

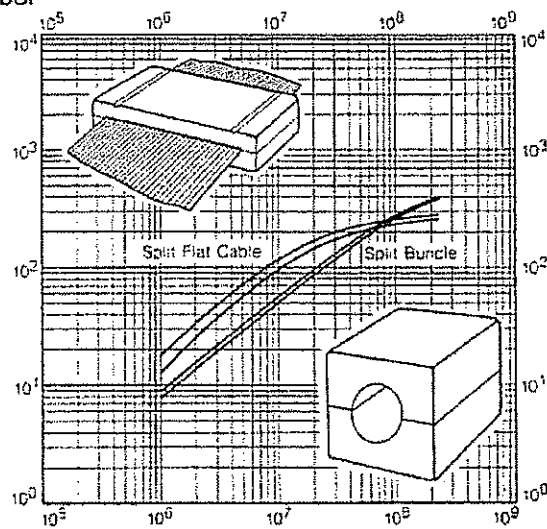
När balunen är kopplad som i figuren fungerar den så att den känner av längsspänningen e_J och transformerar över den till signalledaren som alltså får samma spänningstillskott som nollledaren. Signalen blir då opåverkad av e_J . Man kan säga att balunen fungerar som en subtraktor, den återför signalen till det mottagande systemets nollnivå.

Baluner förekommer både för låga och höga effekter, för låga och höga frekvenser och för analoga och digitala signaler. En balun i ett metalliskt telefonnät kallas *pupinspole*. Ett annat exempel är minskning av jordströmmar vid elektrifierade järnvägar, då kallas balunen *sugtransformator*.

Med en balun kan man överföra signal i båda riktningarna. Likströmskomponenten kan också överföras, balunen är därför också lämplig för isolering av mätsignaler.

En bra balun för signalisolering har en längskapacitans i storleksordningen 1 pF.

Baluner för flat- och rundkabel



Figur 5-7 Balun utseende

Med en ferritkärna som omsluter en kabel får man samma effekt som av en balun med lindningar men med lägre induktans; den inte når lika långt ner i frekvens som den lindade balunen.

Användningsområdet är att bryta upp jordslingor och hindra utstrålning av högre frekvenser. Det vanligast förekommande exemplet är videokabeln till en vanlig PC som har en svullnad rätt nära PC:n. Jordslingan utgörs här av datorns och bildskärmens jordade nätkablar samt den nyss nämnda videokabeln.

I detta fall karakteriseras balunen av sin insättningsimpedans Z som är induktiv (har +1 lutning) så högt upp i frekvens som ferritmaterialet hänger med. Vid högre frekvenser planar induktansen ut och ersätts av virvelströmsförlusterna i ferriten som hjälper till att absorbera störningarna.

Balun i ingångssteg

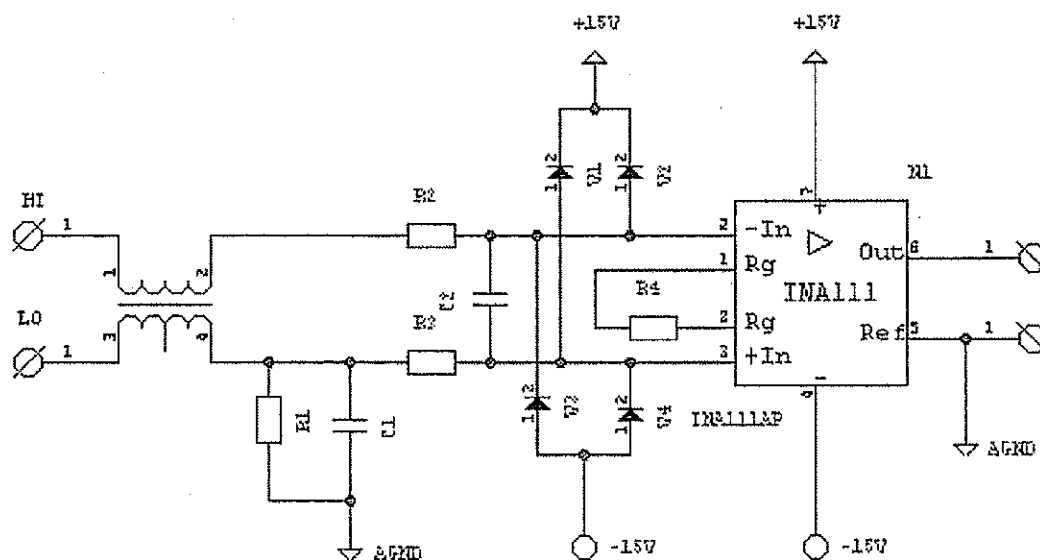
Schemat visar en balun som komplement till en instrumentförstärkare och tillsammans med övrigt ingångsskydd.

När instrumentförstärkarens CMRR avtar vid högre frekvenser kommer balunen in och tar över. Tillsammans fås en hög CMRR inom ett stort frekvensområde.

Ingången är avsedd för en obalanserad insignal av typen Hi-Lo (high – low) som är vanlig i instrumentering. Kondensatorn C1 gör att balunens nedre lindning får en lågimpediv drivning vid högre frekvenser. R1 dämpar den serieresonanskrets som bildas av dessa komponenter.

R2-R3 fungerar som överspänningsskydd tillsammans med V1-V4 och som filter för nyttsignalen tillsammans med C2.

Den här typen av ingångssteg används inom mät-, ljud och videoteknik.



Figur 5-8 Balun i ingångssteget

Exempel på komponentvärden för 200kHz bandbredd:

Balun: 20 varv bifilarlindad på en 6,4 mm kärna, ferrit 3H2

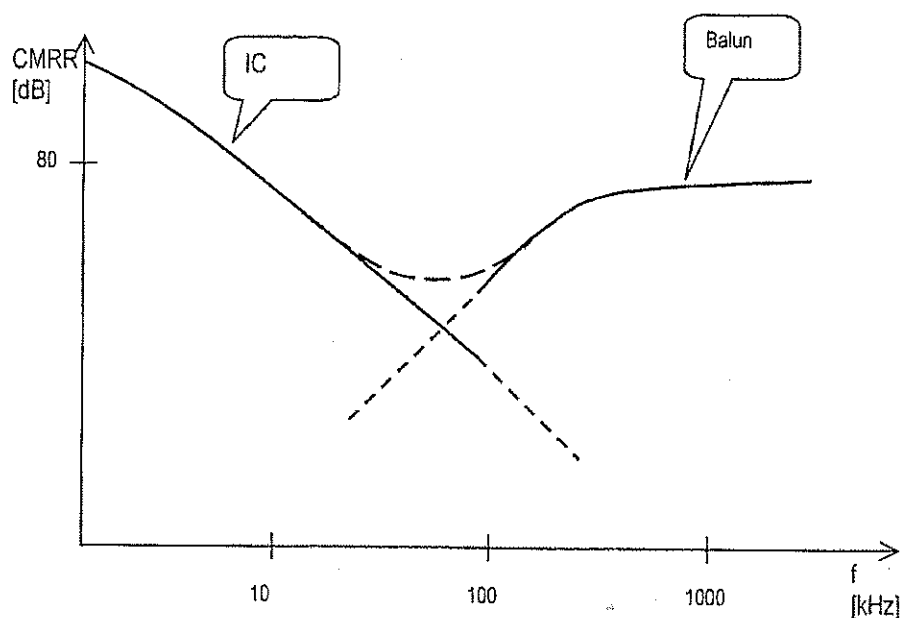
C1 0,1 μ F keramisk

R2-R3 470 Ω

C2 470 pF

V1-V4 1N4148

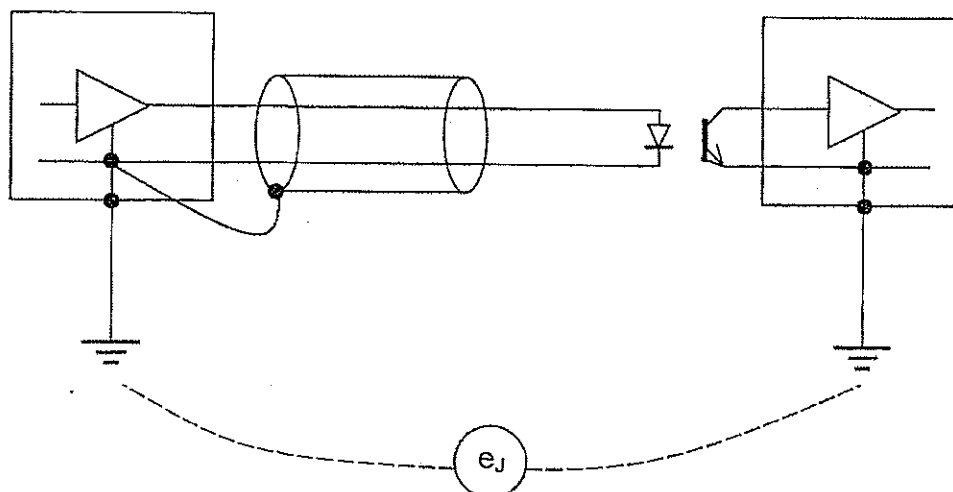
Ingångssteg + balun



Figur 5-9 Samspel av två isoleringskomponenter

Med relativt enkla komponenter är det möjligt att få en hygglig CMRR, kanske 60 dB, upp till några MHz; man klarar då de besvärliga störkällorna i området 20 kHz till 1 MHz (bildskärmar, DC/DC-omvandlare, nätaggregat mm).

Isolering med optokopplare



Figur 5-10 Optokopplare

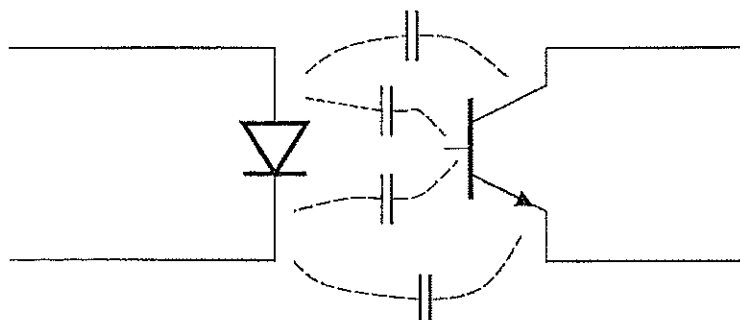
Optokopplare finns av en mängd olika typer, anpassade för skilda ändamål. Den sändande dioden är i allmänhet en infrarödemitterande lysdiod, det mottagande elementet kan vara en fotodiod, fototransistor eller till och med ett fotomotstånd. Det finns optokopplare för låga och höga frekvenser och för analoga och digitala signaler.

En fotodiod kan användas på två sätt, dels *backspänd* (=försänd i backriktningen) och dels som *fotoelement* ("sol-cell"). En fotodiod kopplad som fotoelement har den bästa linjäriteten men blir något långsammare än om den backspänns.

Med en optokopplare kan man förstås bara överföra signal i ena riktningen. En likströmskomponent i signalen överförs också.

En bra optokopplare för signalisolering har en långskapacitans i storleksordningen 1 pF.

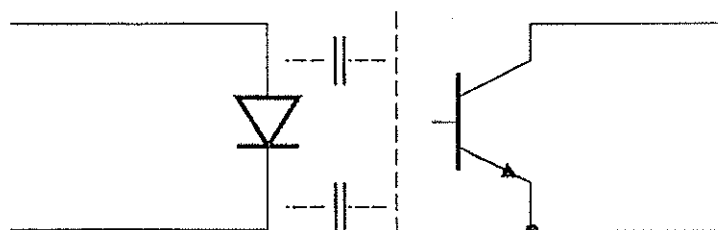
Optokopplaren är transientkänslig



Figur 5-11 Parasitkappacitanser i en optokopplare

En optokopplare med fototransistor är mycket känslig för transienter. Antag att halva dess kapacitans ligger till fototransistorns bas. En positiv transient kommer att göra att transistoren leder, om det är en NPN-transistor. Om kopplaren har en PNP-transistor blir den känslig för negativa transienter. Basströmmen vid en transient blir $i_B = C_L/2 * du/dt$.

Botemedlet är en skärm mellan diod och transistor:



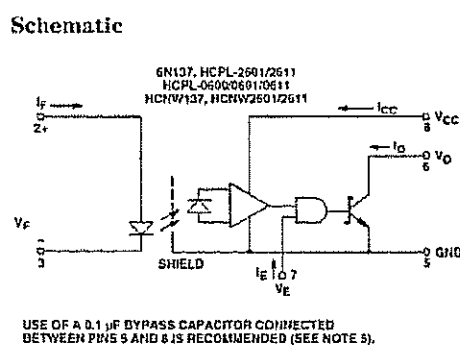
Figur 5-12 Skärmad optokopplare

Skärmen måste släppa igenom ljus och den har då också en viss genomsläpplighet för det elektriska fältet. I praktiken är denna läckkapacitans försumbar jämfört med yttre kapacitanser mellan tillledarna.

En viktig parameter ur EMC-synpunkt för en optokopplare är alltså dess transienttålighet, vanligen uttryckt i kV/μs.

Data för en skärmad optokopplare

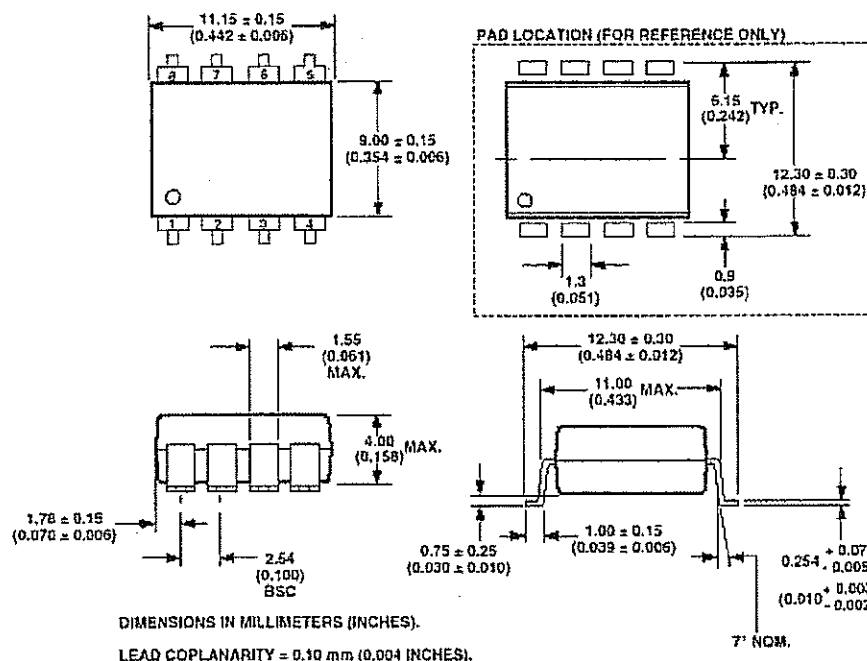
Utdrag ur ett datablad från hp:



Figur 5-13 HPCL260 optokopplare

Finns också med en bredare kåpa som klarar europeiska krav på isolationsavstånd:

**8-Pin Widebody DIP Package with Gull Wing Surface Mount Option 300
(HCNW137, HCNW2601/11)**

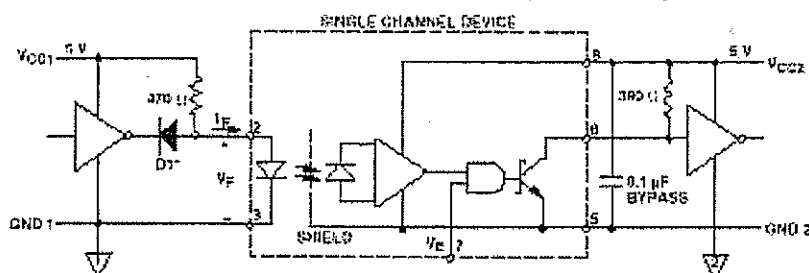


Figur 5-14 Optokopplare med bredare kåpa

Transienttåligheten är specificerad både för positiva och negativa transienter. Den är lika stor i båda riktningarna eftersom det mottagande elementet är en fotodiод.

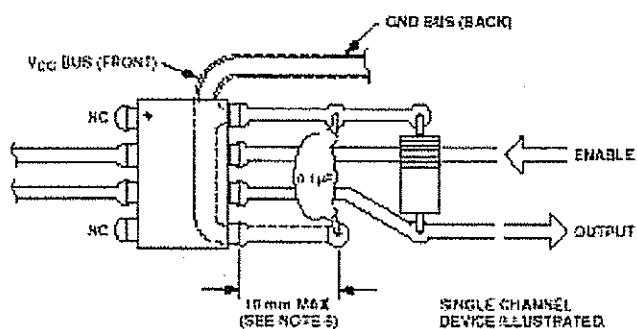
Tabell 5-1 Transienttålighet

Parameter	Sym.	Device	Min.	Typ.	Units	Test Conditions	Fig.	Note	
Logic High Common Mode Transient Immunity	CM _{HI}	6N137		10,000	V/μs	V _{CM} = 10 V V _{IT} = 5 V, I _F = 0 mA, V _{OH(MIN)} = 2 V, I _L = 350 Ω, T _A = 25°C	15	1, 16, 18, 19	
		HCPL-2630							
		HCPL-0600/0630							
		HCNW137							
		HCPL-2601/2631	5,000	10,000					V _{CM} = 50 V
		HCPL-0601/0631							
		HCNW2601							
		HCPL-2611/4601	10,000	15,000		V _{CM} = 1 kV			
		HCPL-0611/0661							
		HCNW2611							
Logic Low Common Mode Transient Immunity	CM _{LI}	6N137		10,000	V/μs	V _{CM} = 10 V V _{IT} = 5 V, I _F = 7.5 mA, V _{OH(MAX)} = 0.8 V, I _L = 350 Ω, T _A = 25°C	15	1, 17, 18, 19	
		HCPL-2630							
		HCPL-0600/0630							
		HCNW137							
		HCPL-2601/2631	5,000	10,000					V _{CM} = 50 V
		HCPL-0601/0631							
		HCNW2601							
		HCPL-2611/4601	10,000	15,000		V _{CM} = 1 kV			
		HCPL-0611/0661							
		HCNW2611							



Figur 5-15 Rekommenderad koppling för optokopplare

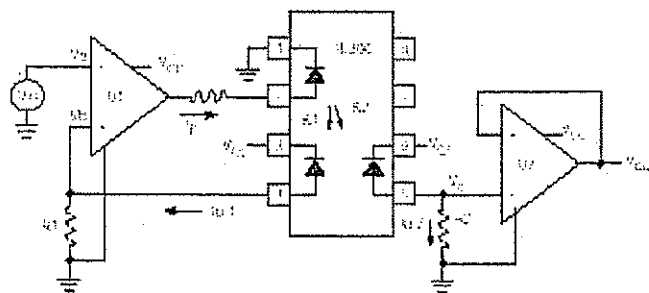
Rekommenderad mönsterkortslayout som minskar yttre strökapacitanser:



Figur 5-16 Rekommenderad layout

Optokopplare för analoga signaler

Linjära optokopplare finns hos flera tillverkare men vi tittar på Siemens IL300:
(utdrag ur databladet)



Figur 5-17 Inkoppling av optokopplare

SIEMENS

FEATURES

- Couples AC and DC signals
- 0.01% Servo Linearity
- Wide Bandwidth, >200 KHz
- High Gain Stability, $\pm 0.005\%/^{\circ}\text{C}$
- Low Input-Output Capacitance
- Low Power Consumption, $< 15\text{mw}$
- Isolation Test Voltage, 5300 VAC_{RMS}, 1 sec.
- Internal Insulation Distance, >0.4 mm for VDE
- Underwriters Lab File #E52744
- VDE Approval #0884 (Optional with Option 1, Add -X001 Suffix)
- IL300G Replaced by IL300-X005

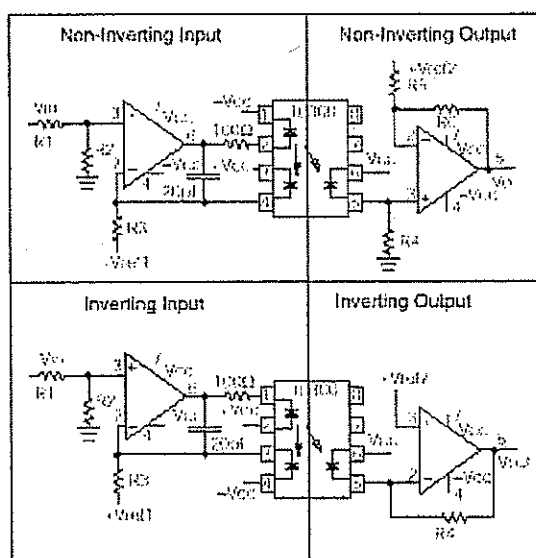
APPLICATIONS

- Power Supply Feedback Voltage/Current
- Medical Sensor Isolation
- Audio Signal Interfacing
- Isolate Process Control Transducers
- Digital Telephone Isolation

OBS! Skall vara > 4 mm
(amm. Red.)

Figur 5-18 Exempel av optokopplarens data

En linjär optokopplare består av en lysdiod och två matchade fotodioder varav den ena används i en reglerlinga på sändarsidan. Den kan kopplas på olika sätt för att få olika polaritet på signalen:



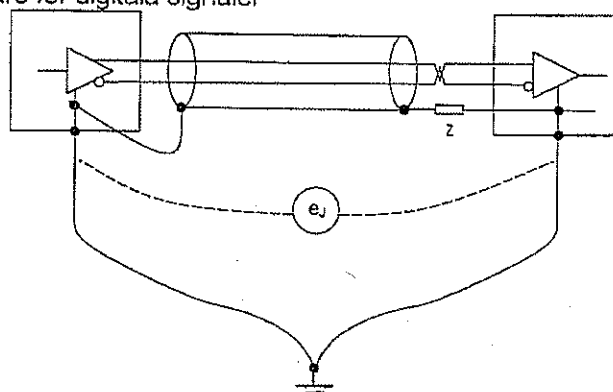
Figur 5-19 Inkopplings alternativ

Tabell 5-2 Utdrag ur specifikationen

Coupled Characteristics						
R ₁ (Series Resistor)	100	10000	10000	10000		I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Series Resistor (R ₁)	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
R ₂ (Series Resistor)	100	10000	10000	10000		I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Input Resistor	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Series Resistor (R ₁)	100	10000	10000	10000	10000	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Transfer Characteristics	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Transfer Characteristics	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Photoconductive Operation						
Frequency Response	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Phase Response at 100 kHz			100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Rise Time	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Fall Time	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Package						
Heat Dissipation Coefficient	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Common Mode Capacitance	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V
Common Mode Impedance	100		100		100	I ₁ = 10000 V _{CE} / 10 V

Som synes har denna linjära optokopplare både bra isolation och bra linjäritet.

Linjedrivare och mottagare för digitala signaler



Figur 5-20 Linjedrivare

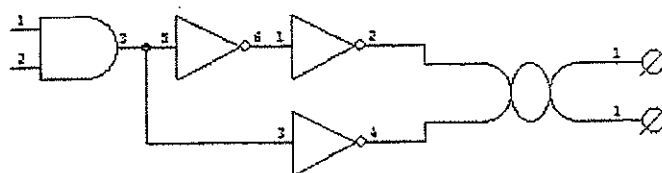
En linjedrivare för digitala signaler har i allmänhet två utgångar i motfas, avsedda att driva en parledning.

En digital linjemottagare har oftast ett begränsat spänningsområde, ± 3 V till ± 5 V. Den är främst avsedd för isolering "på nära håll" mellan apparater som sitter på två grenar i samma jordtråd. Ett exempel kan vara en förbindelse mellan två kretskort som sitter i samma stativ men inte på samma bakplan.

Förutom vad som visas i figuren kan andra komponenter behövas för ett bra skydd, som till exempel termineringar, pull-up-motstånd och överspänningsskydd, allt beroende på längsspänningar, överföringshastighet etc. Även i detta digitala fall kan en balun vara bra som komplement till linjemottagarens isolation. En av dess lindningar representeras då av Z i figuren.

Impedansen Z kan också utgöras av en kondensator. Den förbättrar då skyddet mot snabba transienter avsevärt, skärmen blir i praktiken jordad i båda ändar för de höga frekvenser där den är elektriskt lång.

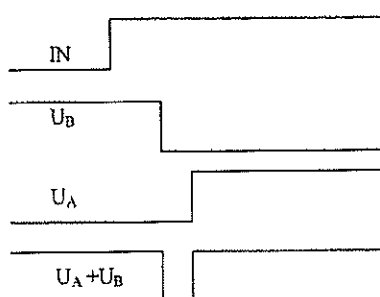
Hemmagjord linjedrivare inte bra



Figur 5-21 Hemmagjord linjedrivare

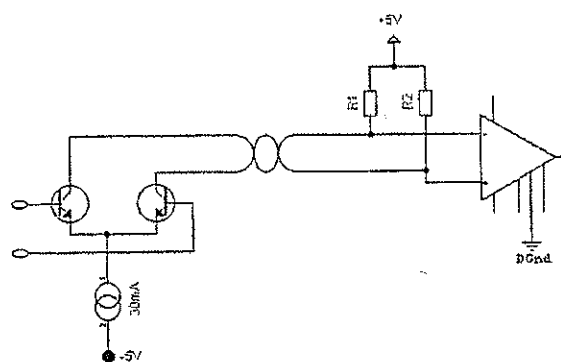
Man kan skaffa sig två signaler i motfas genom en extra inverterare. Då blir resultatet tyvärr ofta inte bra eftersom de två utgångarna inte slår om samtidigt. Nettoeffekten blir att båda utgångarna ligger på logisk etta eller logisk nolla samtidigt under en kort stund (3-15 ns). Under denna tid avviker summaström och medelspänning i paret från vilovärdena vilket betyder att en störning sänds ut.

Exempel: omslag till logisk etta in:



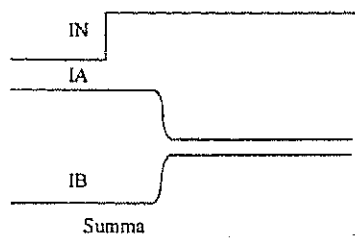
Figur 5-22 Omslag till logisk etta

Linjedrivare med konstant ström



Figur 5-23 Linjedrivare med konstant ström

Drivsteget består av en strömgenerator med ett differentiellt drivsteg (så kallat långsvansat par, long-tailed pair) och en strömgenerator. Transistorerna i det långsvansade paret går egentligen som emitterföljare varför de slår om mycket snabbt. En av transistorerna leder åt gången. Vid omslag från logisk nolla till logisk etta flyttar sig den konstanta strömmen från den ena parten i det tvinnade paret till den andra och commonströmmen förblir konstant. På något avstånd från trådparet kan denna förändring inte detekteras. En linjedrivare av denna typ stör därför obetydligt. Ju klenare trådarna i paret är och ju tätare de är tvinnade, desto mindre blir de utstrålade störningarna.



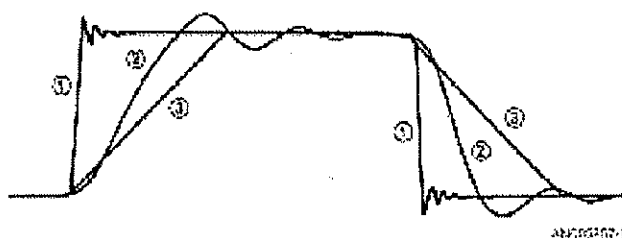
Figur 5-24 Omslag till etta

Linjedriver med rampande utgång

Det finns en speciell typ av linjedriver som har integrerande (rampande) utgångssteg. Med detta drivsteg undviker man att driva en ledning alltför hårt och därigenom orsaka strömtransienter och ringningar. Kretsen är egentligen avsedd som bus-drivare (transceiver) och varje krets innehåller också en mottagare. Denna har en motsvarande integrering som filtrerar den mottagna signalen. Den reagerar därför inte på korta transienter och störningar.

De första kretsarna av denna typ kom från National Semiconductor men nu finns fler tillverkare. En variant med lågt spänningssving är BTL, Bus Transceiver Logic, som har ingått i definitionen av Futurebus. Liknande produkter är GTL, GTLP och LVDS, den sista en differentiell variant.

Utdrag ur datablad för DS 3662 från National Semiconductor:



Figur 5-25 Pulsens utseende

Kurva 1 visar utspänningen från en vanlig LS-TTL buffer utan last. Ringningen är obetydlig.
Kurva 2 visar samma buffer med kapacitiv last som ger en kraftig ringning.
Kurva 3 visar utspänningen från DS 3662 vid samma kapacitiva last. Ingen ringning.

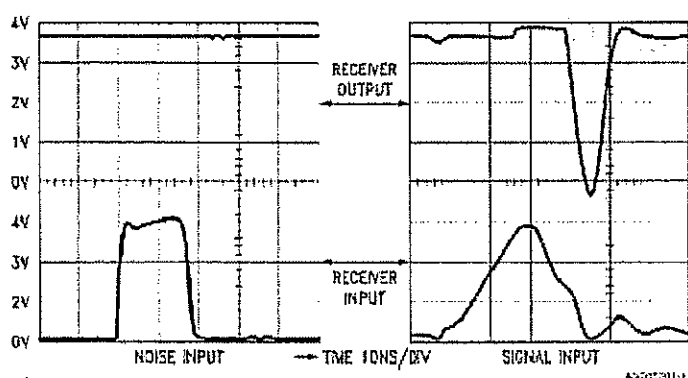


FIGURE 9. DS3662 Receiver Response

Figur 5-26 Pulssvaret

Den mottagande kretsen reagerar inte på en 20 ns störpuls men väl på en 20/20 ns triangelpuls. Störtåligheten är specificerad i databladet.

Tabell 5-3 Omslags data

DS3896/DS3897 BTL Trapezoidal™ Transceivers

Switching Characteristics (Notes 2 and 3)						
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
PROPAGATION DELAYS						
t_{DLD}	Disable to Bus "1"	Figure 1		25	35	ns
t_{DHD}	Disable to Bus "0"			25	35	ns
t_{DLB}	Driver input to Bus "1"	Figure 2		20	30	ns
t_{DLB}	Driver input to Bus "0"			20	30	ns
t_{PLH}	Bus to Logical "1" Receiver Output	Figure 3		25	40	ns
t_{PLR}	Bus to Logical "0" Receiver Output			25	40	ns
NOISE IMMUNITY						
t_R, t_F	Rise and Fall Times (10%–90%) of the Driver Output	Figure 2	10	15	20	ns
t_{NR}	Receiver Noise Rejection Pulse Width	No Response at Receiver Output as per Figure 4		20	10	ns

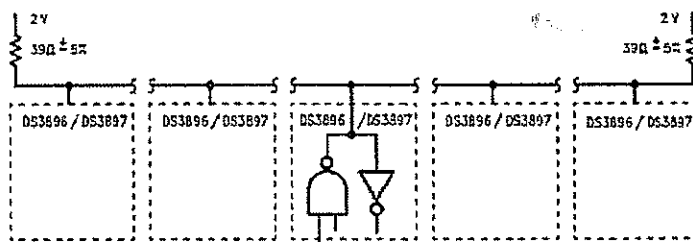
Motsvarande data för de snabbare BTL-kretsarna:

t_{DHLT}		CD = 0.8V, RC = 390Ω, CL = 30 pF RL1 = 18Ω, RL2 = NC, VL = 2V	5	22	35	ns
t_R	Driver Output Rise Time	CD = 0.8V, T/R = 2V, VL = 2V	3	6	10	ns
t_F	Driver Output Fall Time	(Figure 2)	3	6	10	ns
Receiver:						
t_{RLH}	Bn to An	CD = 0.8V, T/R = 0.8V	5	12	18	ns
		CD = 0.8V, VL = 0V, HL1 = NC, RL2 = 1.5k, CL = 30 pF				
t_{NR}	Receiver Noise Rejection Pulse Width	(Figure 5) (Figure 6)	3	6		ns

Note: NC means open

Bussen avslutas med 39 Ω till +2 V i båda ändar. Spänningssvinget är c:a 1 V_{IL}.

Typical Application

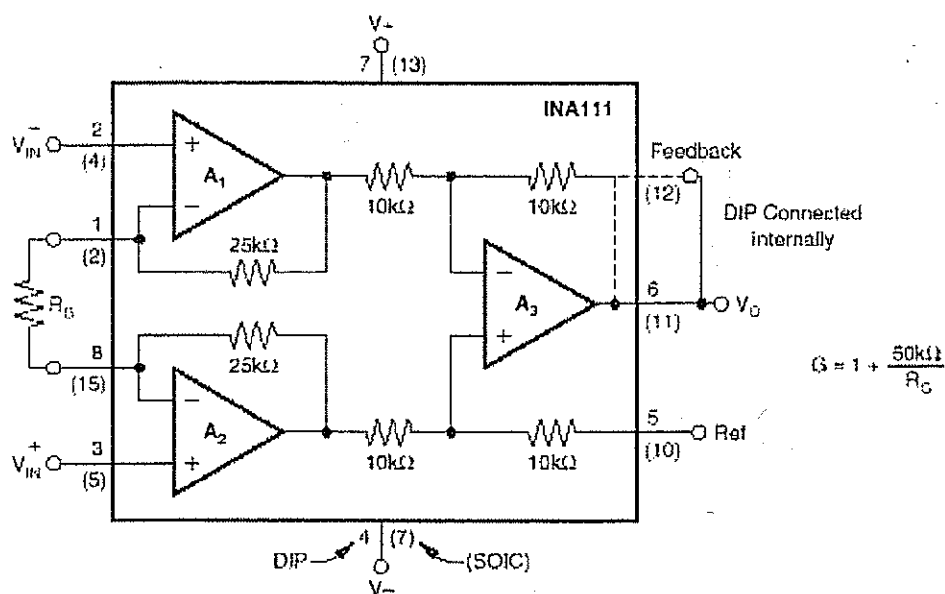


Figur 5-27 Typisk tillämpning

Analog linjemottagare

Vi har tidigare gått igenom analoga linjemottagare i samband med definitionen av CMRR och vid avsnittet om isolering med balun.

Burr-Brown INA111 som vi är bekanta med kan vara ett bra exempel på en analog linjemottagare med bra egenskaper och hög långspänningsundertryckning:



Figur 5-28 NA111 förstärkare

INA111 är en typisk så kallad instrumenteringsförstärkare. Den består av ett differentiellt ingångssteg följt av en subtraktor. Den får sin goda CMRR på följande sätt:

Ingångssteget har alltid förstärkningen 1 för en commonsignal. En sådan signal orsakar inte någon förändrad spänning över R_G utan hela ingångssteget följer commonpotentialen.

Men ingångssteget har den valda förstärkningen A_V (t ex 100) för nyttosignalen.

Härigenom får man en CMRR i ingångssteget som helt enkelt är $= 20 \log A_V$! Det innebär att om man har en liten signal och alltså har valt en hög förstärkning så får man också en hög längsspänningsundertryckning.

Den efterföljande subtraktorn har fyra (i det här fallet lasertrimmade) motstånd kopplade som en brygga. Stegets CMRR avgörs först och främst av balansen i bryggan dvs motståndens inbördes tolerans $\Delta R/R$.

Förstärkarens totala CMRR blir alltså teoretiskt $= 20 \log A_V + 20 \log (R/\Delta R)$. Detta värde begränsas vid höga CMRR av de tre operationsförstärkarna som naturligtvis inte är ideala utan har ändlig linjäritet, råförstärkning och längsspänningsundertryckning.

Isolering av nätspänningssidan

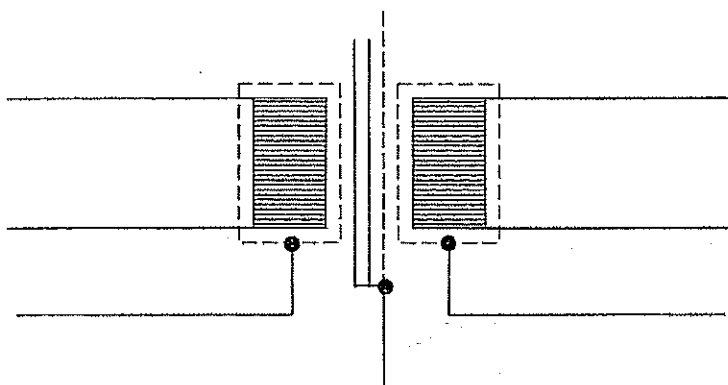
Anslutning till det allmänna elnätet är ofta nödvändig för att få drivspänningar till en apparat. Det är också en miljövänlig energiförsörjning i jämförelse med batterier. Men i många situationer är nätspänningen också en besvärande störningskälla, ofta kan den vara den *enda* störkällan av betydelse i en utrustning.

Det kan därför falla sig naturligt att isolera bort nästörningarna med hjälp av en skärmad isolertransformator. Den fråga som då uppkommer är: Vart kopplar man skärmen? Vi skall försöka svara på den frågan.

Vi skall se på tre olika fall av inkoppling av en isolertransformator:

- Som nättransformator i en apparat.
- Som central jordpunkt i en datorinstallation.
- För att bryta upp en jordslinga.

I samtliga dessa fall ser transformatorn ungefär likadan ut, elektriskt sett:



Figur 5-29 Een isolertransformator

Primärlindningen kan ha en skärm och sekundären en. Dessa skärmar har en relativt hög kopplingskapacitans till den lindning de omsluter. Mellan primär- och sekundärskärmarna kan det finnas en avskiljande skärm som ofta är ansluten till kärnan och transformatorns ytterhölje.

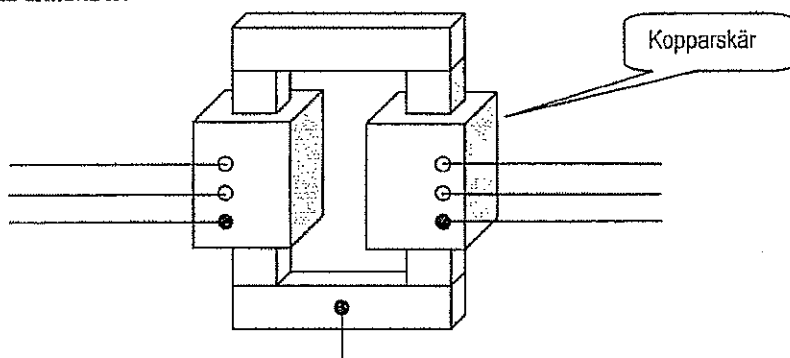
Det totala antalet skärmar kan alltså vara 1 till 3 beroende på transformatorns "klass". Skärmarna har en något olika funktion beroende på vart de kopplas.

Hur bra transformatorn är som isolator bestäms av läckkapacitansen mellan primär- och sekundär C_L . En bra isolationstransformator kan ha en C_L som är mindre än en fF (femtofarad = tusendels pF) även när transformatorn klarar stor effekt, upp till 100 kVA. Ett exempel på sådana transformatorer är det amerikanska företaget *Topaz*.

För att kunna få en så låg läckkapacitans måste kablarna till transformatorn vara väl skärmade.

Utföranden

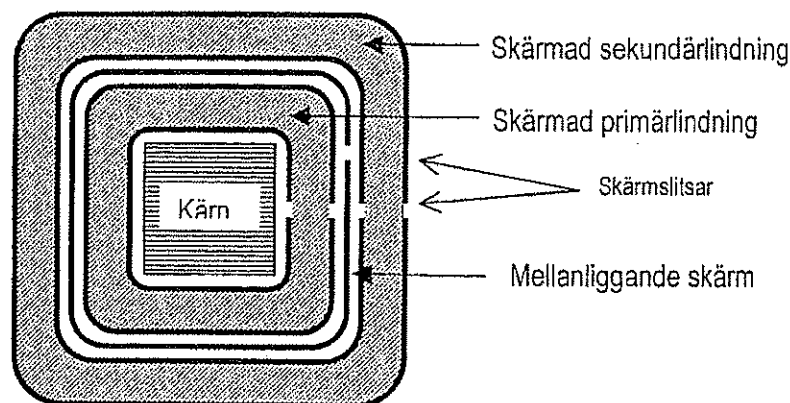
Lindningar på skilda armaturer:



Figur 5-30 Transformatorns utförande

Skärmarna måste ha en slits så att det inte blir ett kortslutet varv i transformatorn.

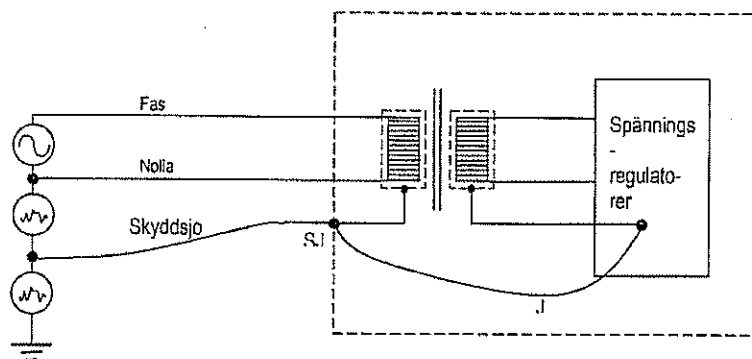
Både enfas- och trefastransformatorer kan vara utförda med primär och sekundär på samma ben:



Figur 5-31 Transformatorns kärna

Isolationstransformator som nättransformator i apparat

Det är alltid fördelaktigt med en skärmad nättransformator i en underenhet eller apparat. Ofta räcker det med en skärm eftersom det inte finns så många olika jordar att lägga skärmarna till.



Figur 5-32 Exempel med två skärmar

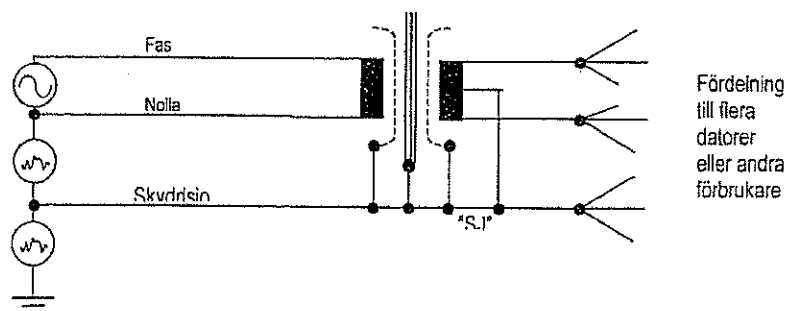
Den primära skärmen kapslar in störningarna på fas och nolla.

Sekundärskärmen hindrar de störningar som (eventuellt) orsakas av spänningsregulatorerna att komma ut på nätet, den minskar också strömmen i den känsliga jordledaren J.

En enkel skärm, lagd till jordpunkten SJ, fungerar också bra och närmar sig asymptotiskt fallet med två skärmar när längden av J går mot noll.

I figuren är nätet representerat av en nyttospänningskälla och två störkällor. Oftast är det den undre störkällan som dominerar eftersom den är en långspänning. Man kan anta att fas, nolla och skyddsjord har samma störnivå. Nätledarna är ju också hårt kapacitivt och induktivt kopplade till varandra.

Isolationstransformator som central jordpunkt



Figur 5-33 Isoleringstransformator som jordpunkt

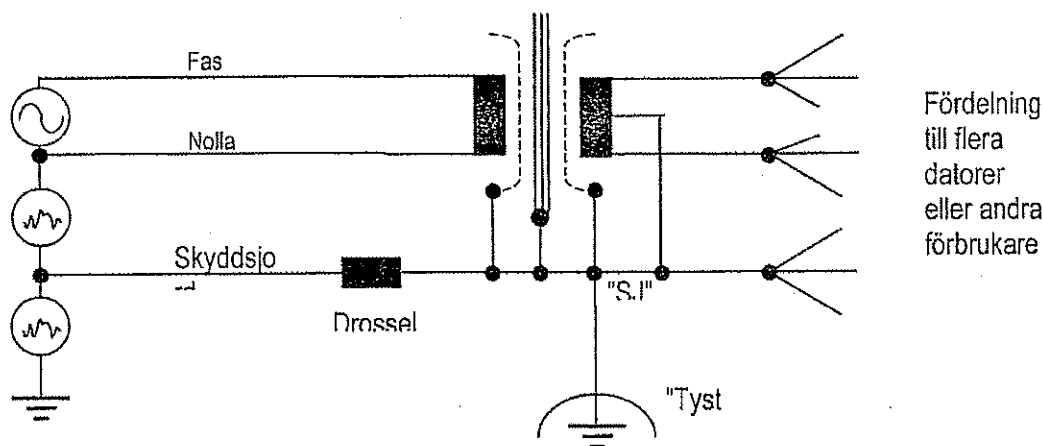
Den primära skärmen kapslar in störningarna på fas och nolla jmf jord (långsspänningen) samt också störningar mellan fas och nolla (tvärspanningen).

Sekundärskärmen hindrar de störningar som (eventuellt) orsakas av belastningarna att komma ut på nätet.

Det här sättet att nätmata en utrustning är bra när det inte finns något annat elektriskt tungt objekt att referera sig till, som till exempel en maskin.

Ett typiskt exempel är en datorcentral. De utgående kommunikationsledningar som går från datorerna ut till omgivningen är ofta galvaniskt isolerade och det är inte något problem att hela centralen "rider" på skyddsjorden och dess störningar.

Om man vill ha en tystare jord kan en yttre jordplåt eller byggnadsdetalj användas. Man kan då skilja bort skyddsjorden högfrekvensmässigt med en jorddrossel:

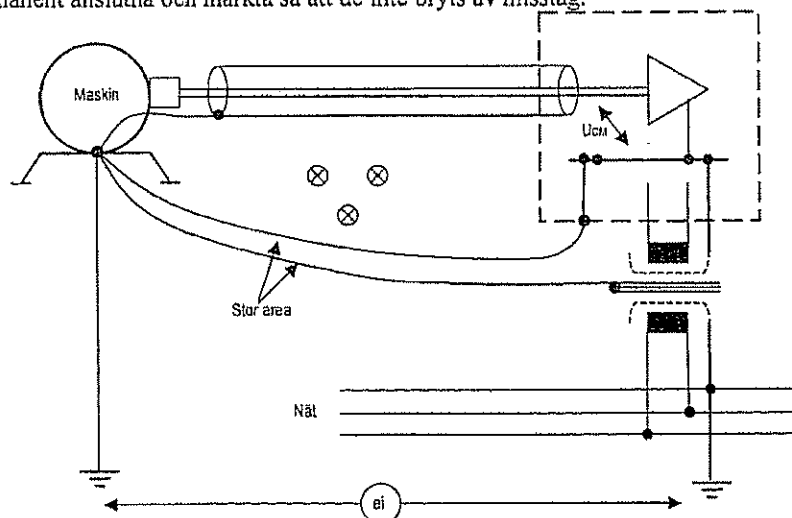


Figur 5-34 Jorddrossel

Uppbrytning av jordslinga

Med denna koppling bryts jordslingan till nätets skyddsjord upp. Primär- och sekundärskärmarna fungerar som i tidigare exempel. Mellanskärmen utgör en barriär mellan nätet och den känsliga utrustningen.

Det här är en standardkoppling i bredbandiga mätsystem. Både skärm och utrustning är jordade till mätobjektet med grova kopparledare, 100 mm² är inte ovanligt. Dessa ledare fungerar också som skyddsjordsledare för utrustningen. De måste vara permanent anslutna och märkta så att de inte bryts av misstag.

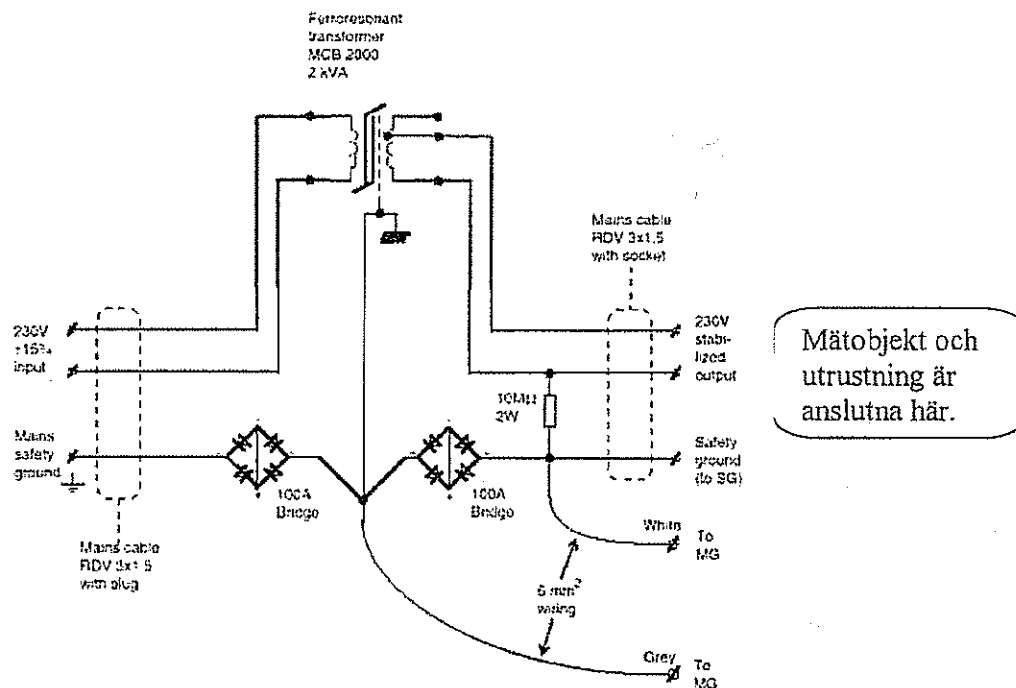


Figur 5-35 Exempel av jordning

Nätstörningen kopplas kapacitivt till skärm och sekundär. Transformatorns längsspänningsundertryckning $CMRR_{TR}$ är $= 20 \log (C_{P-S}/C_L)$ där C_{P-S} är den kapacitans som transformatorn skulle haft mellan primär- och sekundärskärmarna *om mellanskärmarna inte fanns*, och C_L är läckkapacitansen. Common-spänningen U_{CM} , som signalmottagaren måste klara, blir $CMRR_{TR}$ gånger mindre med den skärmade isolationstransformatorn.

Om det av någon orsak är olämpligt att bryta skyddsjordningen *till nätet* kan man även i detta fall använda en jorddrossel för att få säkerhetsmässig jord.

Inkoppling av mobil isolationstransformator



Figur 5-36 Isolerings transformator

Ett annat sätt att behålla den säkerhetsmässiga kontinuiteten i skyddsjord är att använda likriktardioder kopplade back-to-back, i detta exempel en likriktarbygga med kortsluten utgång. Om alla jordar är rätt anslutna blir spänningen över bryggorna under en volt och ingen störande ström flyter in från nätet.

Transformatorn i detta exempel är en magnetstabilisator, "ferroresonant transformer". En sådan transformator saknar i allmänhet separata skärmar för primär och sekundär men mellanskärmen är effektiv då lindningarna ligger på separata ben och är skärmade från varandra av plåtar. Modellen i exemplet har en längsspänningsundertryckning av 46 dB.