

F6 - Jordning

- Gemensam impedans
- Flera utformningar av jordsystem
- Uppdelning av jord efter signalens typ
- Jordslingor uppkomst
- Jordning i en apparat
- "Flytande" nolla i en apparat kontra "stomförbunden"

[1] Kap. 3.
([4] Kap. 9.)

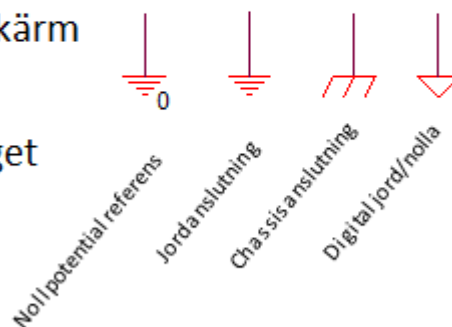
Alla ledare har en viss impedans.

Två fysiskt åtskillda jorpunkter har sällan samma potential.

230 V nätets jord är ingen bra signaljord. Det kan finnas flera hundra mV spänning mellan två nätjordpunkter.

Vad är jord?

- Apparats interna matningsnolla (retur för matningen)
- Anslutning av kabelskärm
- Apparats hölje
- Skyddsjord i nätuttaget
- Metallspett i marken
- Vattenrör av metall



Begreppet jord används ofta slarvigt i elektronikbranschen för olika saker.

Jord enligt standarden IEC60417

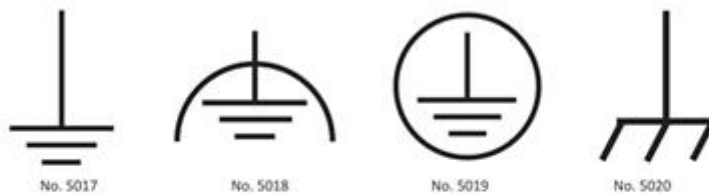


Figure 1: IEC 60417 ground symbols

Here are the precise IEC definitions for each symbol:

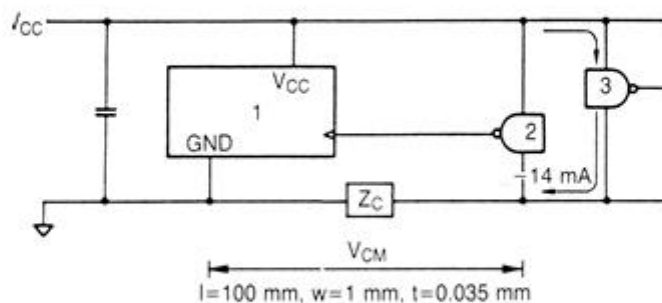
No. 5017 Earth (ground): To identify an earth (ground) terminal in cases where neither the symbol 5018 nor 5019 is explicitly stated.

No. 5018 Noiseless (clean) earth (ground): To identify a noiseless (clean) earth (ground) terminal, e.g. of a specially designed earthing (grounding) system to avoid causing malfunction of the equipment.

No. 5019 Protective earth (ground): To identify any terminal which is intended for connection to an external conductor for protection against electrical shock in case of a fault, or the terminal of a protective earth (ground) electrode.

No. 5020 Frame or chassis: To identify a frame or chassis terminal.

Retur-strömmar

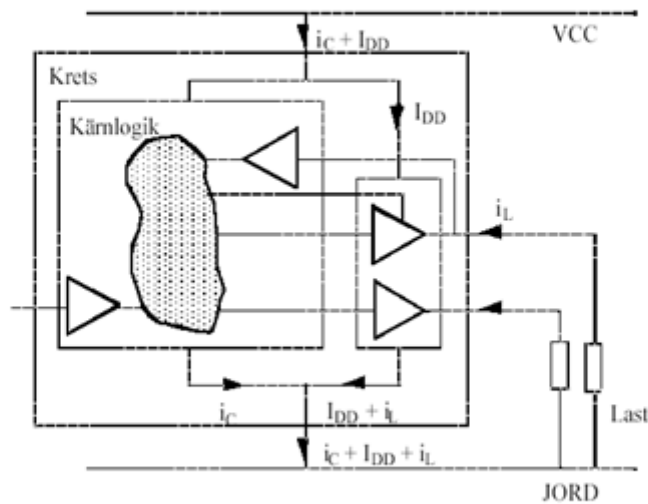


7.9-1 Felaktig layout – exempel 1.

I denna konstruktion går en returström på 14 mA genom Z_c och skapar risk för felfunktion. Lösningen är att dra om jordledarna på kretskortet.

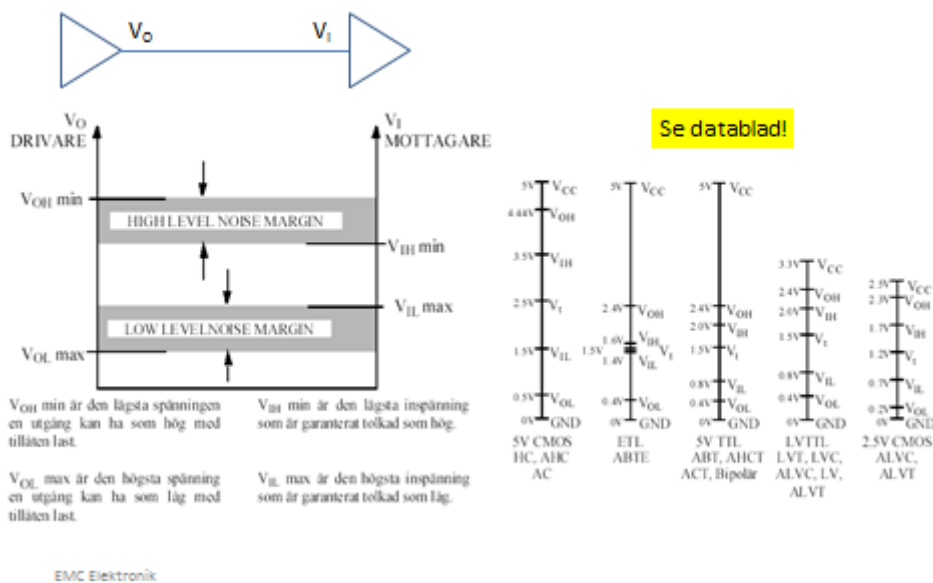
Signaljord: Konstruera med så låg impedans som möjligt för strömmen att ta sig tillbaka till källan.
Vcc – krets - GND

Strömmar i en digital krets



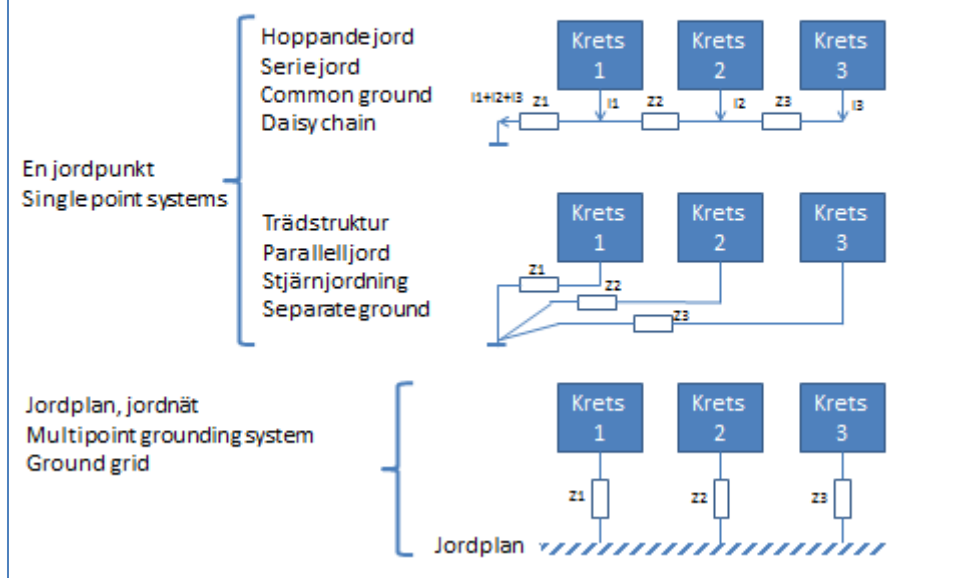
EMC Elektronik

Störmarginaler digitala kretsar



Olika **digitala** kretstyper har olika gränser och marginaler för hur stora störningar som tolereras. Utspänningen som idealt är $V_{OL(max)} = 0V$ för logisk "Low" och $V_{OH(min)} = V_{CC}$ för logisk "High" är inte det i verkligheten. Man brukar specificera drivförmågan och gränser i databladet.

Olika sätt att jorda för signaler



Signaljord kan utformas på tre olika sätt.

System med en jordpunkt

Hoppande jord

Fördelen med seriekoppling av jordpunkter är dess enkelhet i montering och lågt pris. Man drar en enkel kabel eller ledningsbana till den närmaste jordpunkten.

Nackdelen är att returströmmar adderas och flyter genom samma impedans så att spänningen över impedansen närmast jordpunkten $U = (I_1 + I_2 + I_3) \cdot Z_1$. Detta förvärras om det är stor skillnad i effekt mellan de jordade kretsarna. Kretsar med stor effektförbrukning stör kretsar med mindre störningsnivå. Den känsligaste kretsen borde placeras närmast jordningspunkten.

Trädstruktur

Fördelen med det parallella systemet är att de olika returströmmarna aldrig adderas till varandra.

Nackdelen är att ett stort antal kablar (ledningsbanor) måste dras parallellt med varandra och ibland är det rent praktiskt omöjligt.

Generellt gäller att system med en jordpunkt blir besvärliga för högre frekvenser pga den ökade impedansen (induktansen mest) i jordledarna.

Vid ännu högre frekvenser där udda multiplikationsfaktorer av våglängden sammanfaller jordkabelns längd uppstår en utmärkt fast oönskad antenn. $l = \lambda/4$, $l = 3\lambda/4$, ...

Mer om detta i kapitlet om reflexioner.

Flerpunktsystem – jordplan

Fördelen med systemet är att impedansen för de mycket korta jordledningarna är mycket liten.

Nackdelen är att det är väldigt dyrt att bygga ett lågimpedans jordplan (jordnät). Man brukar ytbehandla jordplan med silver för att minska impedansen. (Att göra jordplanet tjockare minskar inte impedansen pga skineffekten.

Tumregel för layout

- Längd på ledare $l < \lambda/20$

Frekvens f	Jordning	Våglängd $\lambda/20$
$f < 1 \text{ MHz}$	Hoppande	1 MHz: 15 m
$1 < f < 10 \text{ MHz}$	Trädstruktur	10 MHz: 1.5 m
$10 < f < 30 \text{ MHz}$	Jordplan bäst	30 MHz: 50 cm
$f > 30 \text{ MHz}$	Jordplan <i>uteslutande</i>	900 MHz: 1.5 cm

Jordproblem beror oftast på gemensam impedans koppling, men inte uteslutande! Detta uppstår då

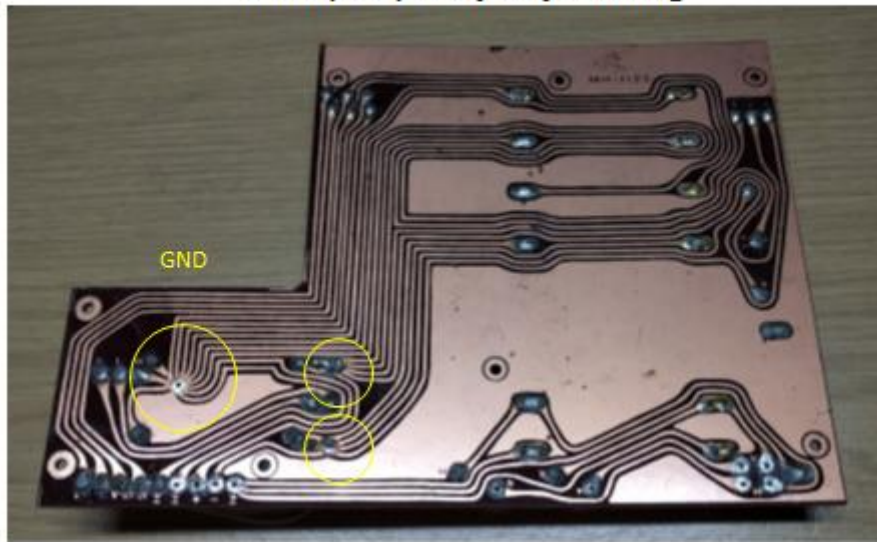
1. Jordledningen har hög impedans (beror oftast på induktansen).
2. Det flyter en stor returström genom jordledningen (antingen pga effektströmmar eller inducerade strömmar).
3. Mycket känsliga kretsar är jordade med samma jordledning som kretsar med stora returströmmar.

System med en jordpunkt löser (3) ovan, genom att leda strömmarna olika vägar och fungerar utmärkt för låga frekvenser.

När frekvensen ökar, ökar den induktiva reaktansen och fördelarna försvinner. Dessutom ökar risken att jordledningen blir en antenn som strålar ut störningar.

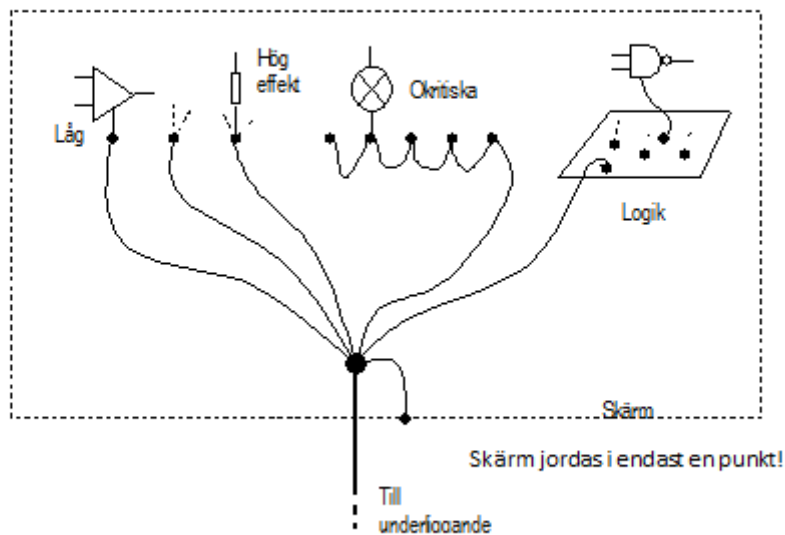
HiFi (Audio) monteringskort

Exempel på stjärnjordning



Exempel på hur ett kort i en audioutrustning kunde se ut för att minimera jordstörningar (ca 1970).

Blandat system



EMC Elektronik

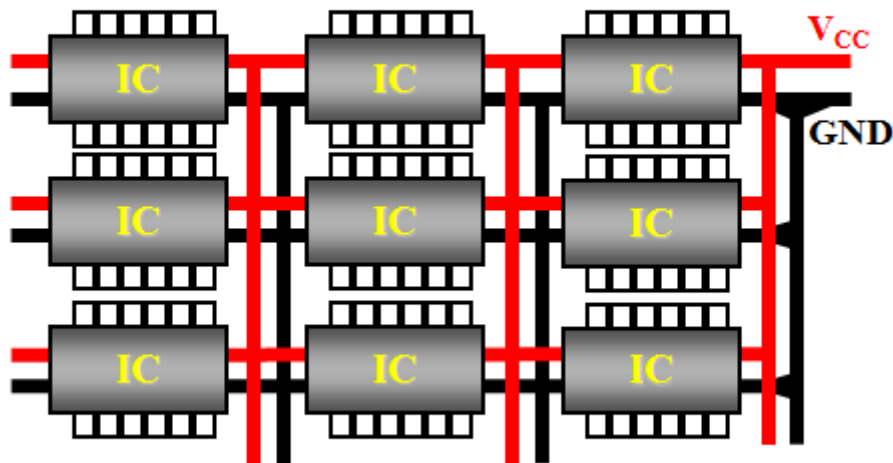
Ofta byggs instrument med olika jordning i olika delar beroende på känslighet och funktion. I figuren finns känsliga lågnivåkretsar t.v. Detta är ofta analoga signalförstärkare.

Störmarginal vs. signaltyp

Signaltyp	Signal-område	Stör-marginal	Dynamik	Upplösning bitar	Typ av jord
Audio	$\pm 1 \text{ V}$	$\pm 1 \mu\text{V}$	120 dB	20	Träd
Noggrann mätsignal	$\pm 10 \text{ V}$	$\pm 0.15 \text{ mV}$	96 dB	16	Träd
Enkel mätsignal	$\pm 5 \text{ V}$	$\pm 20 \text{ mV}$	48 dB	8	Träd eller plan
Digital signal	5 V	2 V	8 dB	1-2	Plan

Varje signaltyp har sin störmarginal som inte får överskridas.

Matris för matningsspänning och jord



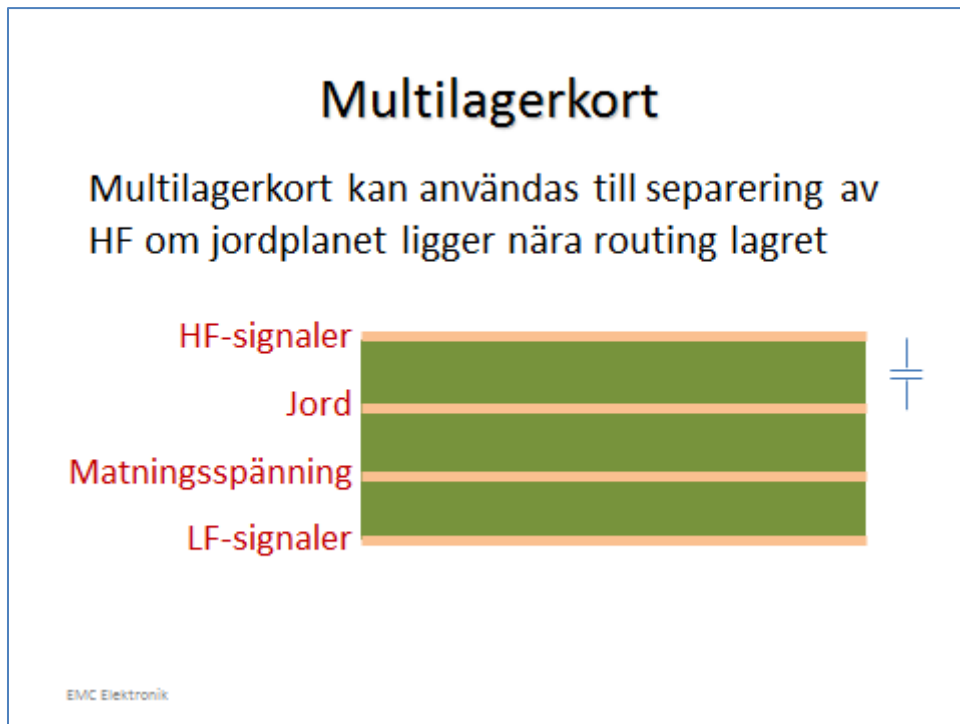
EMC Elektronik

Jordning på kretskortsnivå.

Den bästa lösningen är att ha ett system med ett separat jordplan och ett separat "powerplan", med då måste man ha tillgång till ett flerlagerkort.

Men om det inte är möjligt att offra två hela lager för matningsströmmar och returströmmar kan man göra en kompromiss genom att göra en matris av jordledare och matningsspänningsledare så

att resterande ytor av respektive lager kan utnyttjas för signalledare och vior, dvs övergångar från ett lager till ett annat.

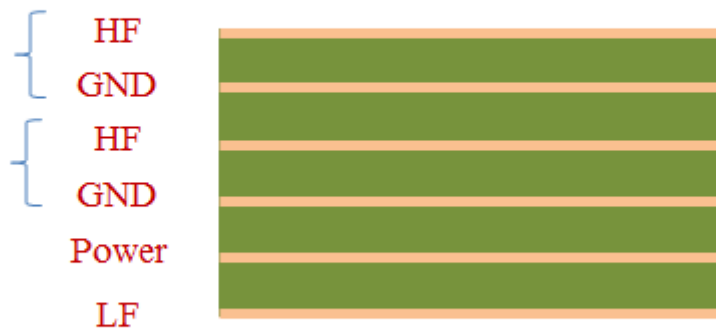


En typisk konfiguration vid 4-lagerkort är att de yttre lagren är signaler och de två inre lagren är jord respektive matningsspänningslager. Vidare rekommenderas uppdelning av de yttre lagren i ett för HF signaler och ett LF signaler. Det är svårt att säga var gränsen för HF och LF går, men den beror bl.a. av kortets fysiska dimensioner.

En fördel med att ha HF lagret nära jordplan är att strökapacitanserna mellan lagren kan utnyttjas för avkoppling (decoupling) av HF signalerna.

Multilagerkort

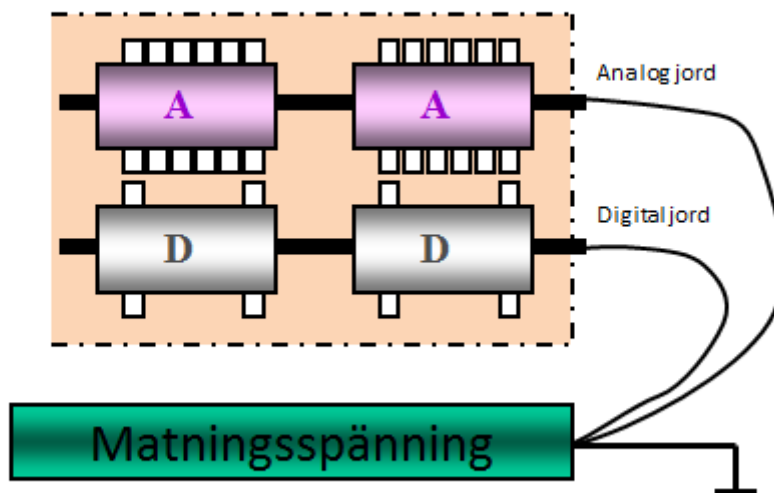
Varje HF signalplan separeras med jordplan



EMC Elektronik

Har man fler än 4-lager i kortet bör varje HF-lager förses med ett eget jordlager (jordplan) direkt under detta.

Analog & digital jord



EMC Elektronik

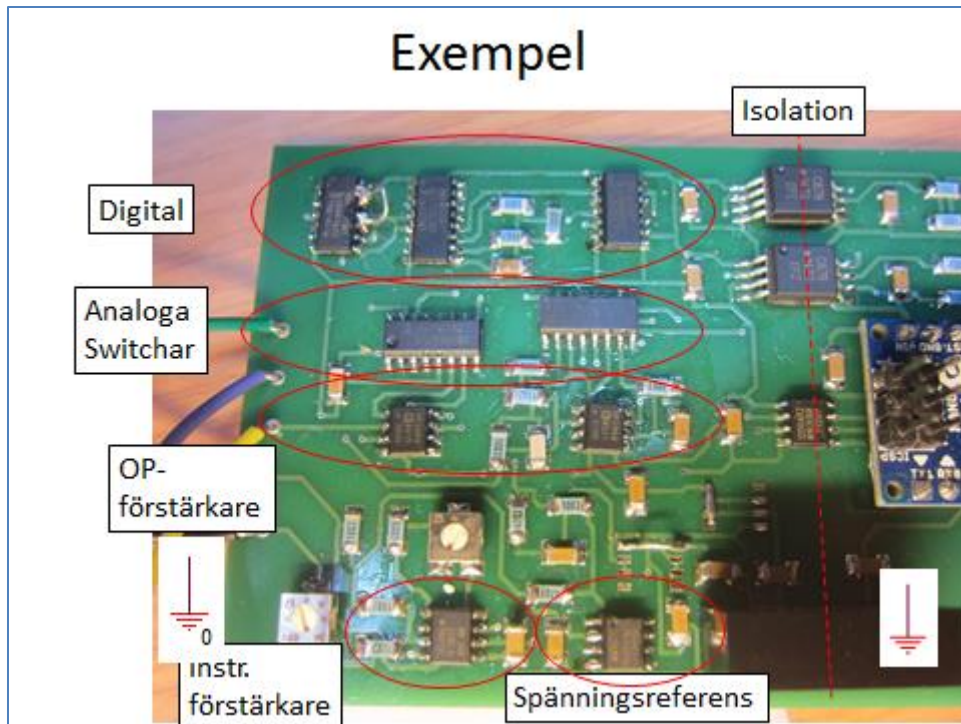
I en konstruktion med både analoga och digitala kretsar skall de respektive jordledarna dras separat till spänningskällan.

Orsaken till detta är bl.a. att det är stor skillnad i störningsnivå mellan kretsarna. Vi har tidigare tittat på störningsnivåer för digitala kretsar. För analoga kretsar gäller helt andra nivåer. Tabell 3-1 i

kompendiet anger en störsignal på 1 μ V för audiosignaler, 0.15 mV för en mätsignal (noggrann mätning) och 20 mV för en enklare mätsignal.

Som synes är analoga system mycket känsligare för störningar än digitala och därmed krävs också att skillnader i referenspunkternas (jordpunkternas) potential är mindre.

För analoga system är trädformiga jordstrukturer att föredra.



I detta exempel har jag försökt separera digitala kretsar från analoga och har de känsligaste längst från digitala ledarna. Jord och matning går till stor del på baksidan av kortet (två lager). Signaljord t.v. (nolla) är helt isolerad från jord på utgång t.h. (USB-jord).

Varnande exempel

Dåligt



Figur 3-6 Jordslinga

Varnande exempel

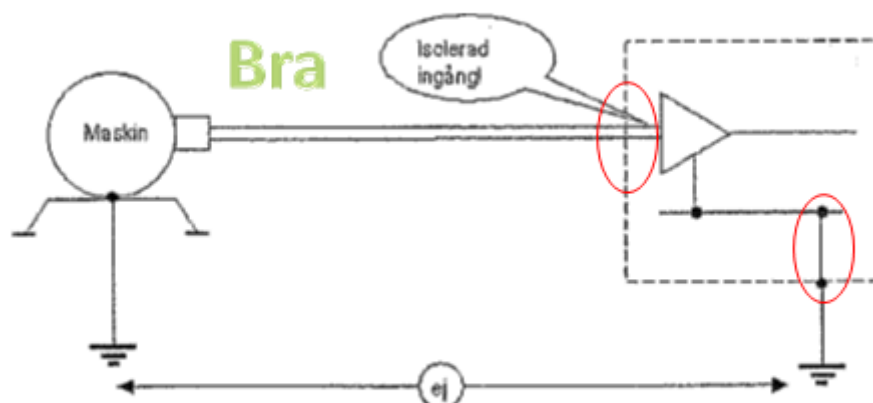
Dåligt



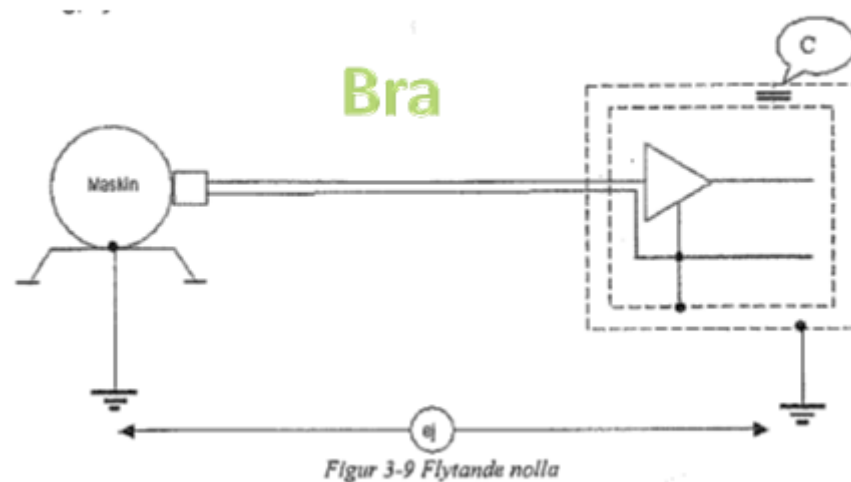
Figur 3-7 Jordning i en apparat

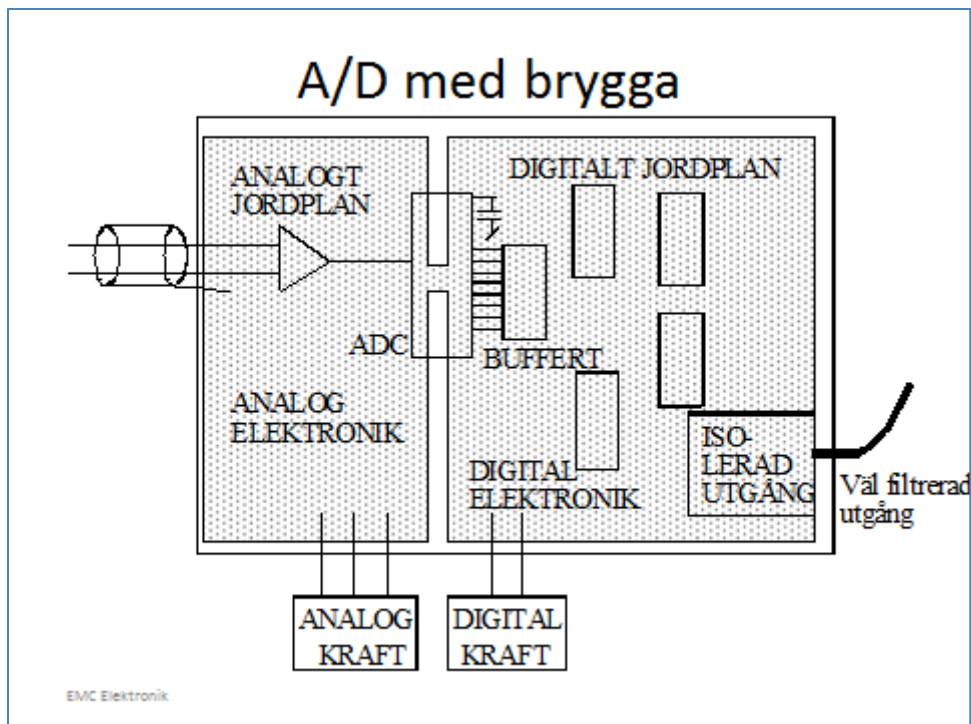
Kapacitivt kopplad störning via skärm

Isolerad ingång – bruten jordslinga

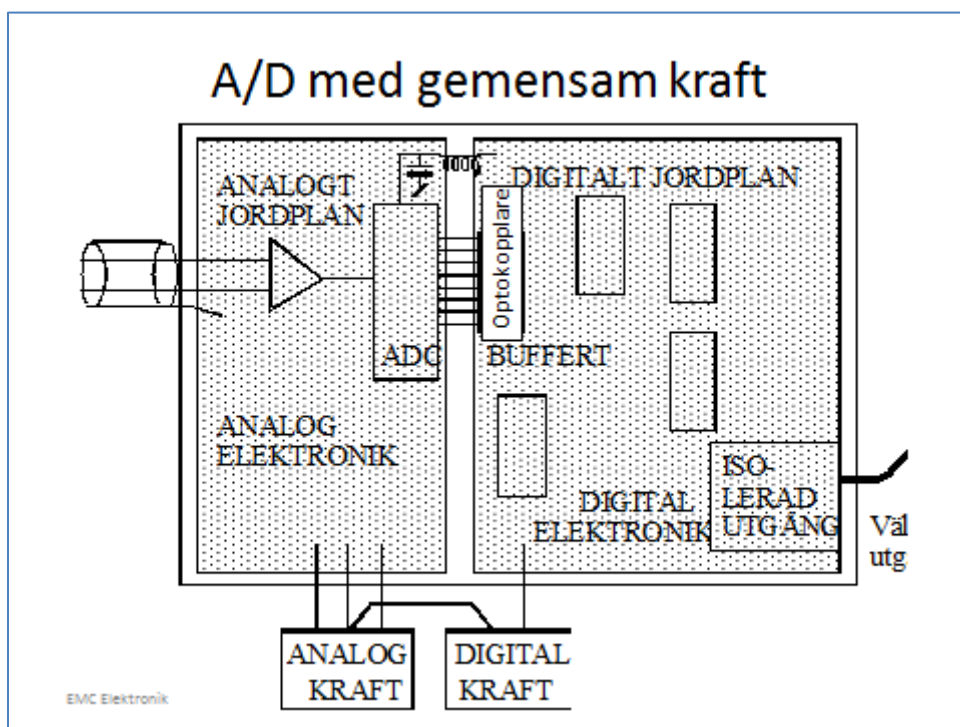


Dubbel skärm



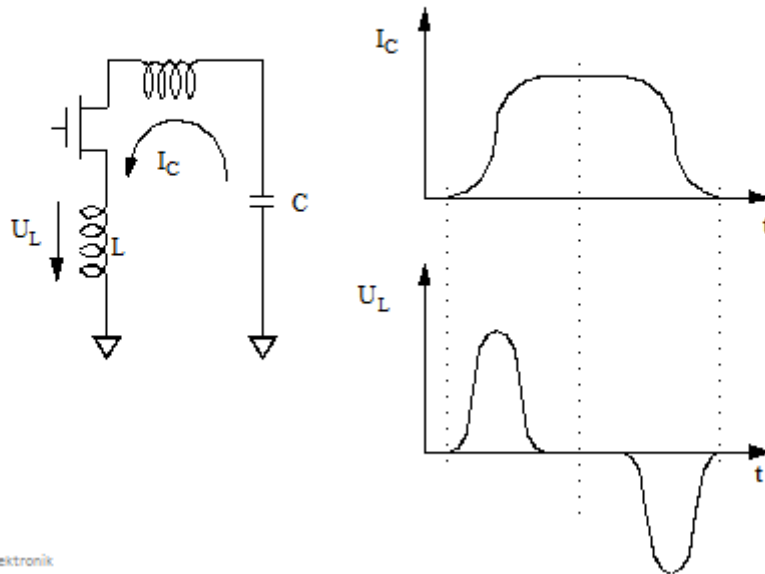


Det kan emellertid bli problem med ADC (analog-digital-omvandlare) och DAC (digital-analog-omvandlare) som kan kräva sammankoppling av DGND och AGND nära kretsen. Om matningsspänningen är helt separerad borde man koppla ihop jordplanen på ett ställe under ADC'n.



Om en gemensam jord för matningsspänningarna till analogdelen och digitaldelen är kopplad utanför kortet placerar man ADC'n på den analoga delen och en buffert på den digitala delen. I bufferten används ofta optokopplare för att isolera denna från den analoga delen. På detta sätt finns ingen galvanisk koppling mellan delarna på kortet.

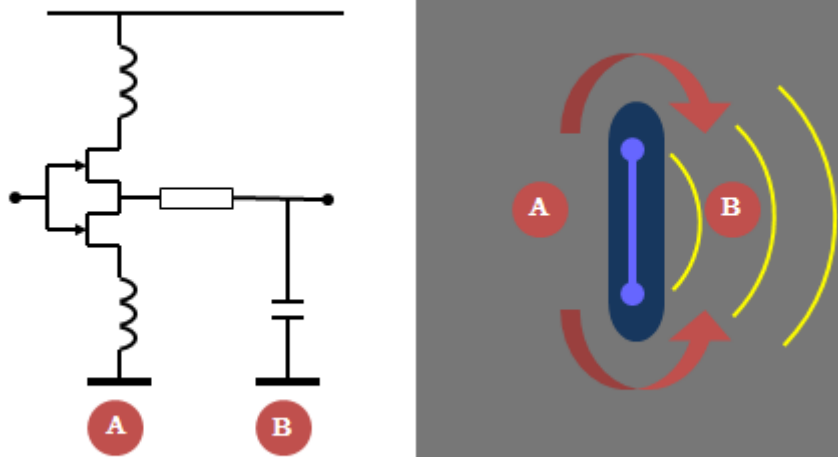
Jord och effektstudsar



EMC Elektronik

Jord- och effektstudsar (matningsströmstudsar) kommer att belysas mer i avsnittet om "reflektioner i transmissionslinjer" och det är i grunden samma fenomen. Det som skiljer är att här får vi studsar i jordledningarna eller matningsspänningsledningarna medan i det senare fallet handlar det om signalledare.

Var försiktig med slitsar (öppningar)

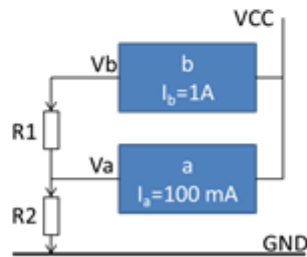


EMC Elektronik

Matningsströmmar och returströmmar som går i jordplan alstrar elektromagnetisk strålning när de träffar på en s.k. slits i jordplanet. Därför bör jordplanet vara oavbrutet (helt) så långt det går. Man måste vara försiktig med att placera slitsar mitt i ett jordplan!

Räkneövning

- Två kretskort (a och b) är placerade i en apparat. Kort a drar 100mA ström från VCC och kort b drar 1A. Hur stor är störningen av referensnivån V_a och V_b för korten? Hur stor blir störningen på referensnivån för korten om de byter plats med varandra? Båda korten har jordimpedansen $R_1 = R_2 = 1\ \Omega$.



Fall 1:

Enligt Kirschoffs lag går strömmen $I_a + I_b$ genom $R_2 \Rightarrow$

$$V_a = R_2 \times (I_a + I_b) = 1\ \Omega \times (1A + 0.1A) = 1.1V$$

Genom R_1 går strömmen $I_b \Rightarrow$

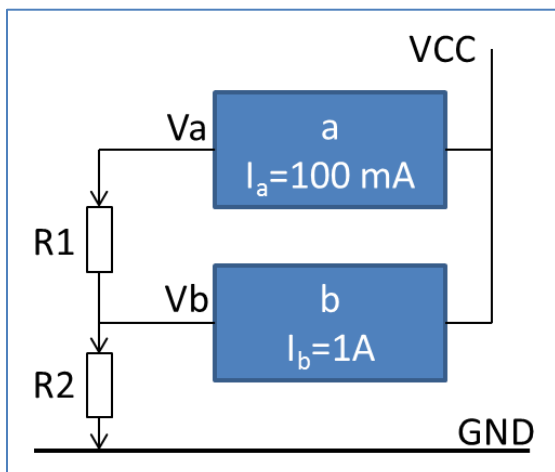
$$V_b = V_a + R_1 \times I_b = 1.1V + 1\ \Omega \times 1A = 2.1V$$

Fall 2:

Om korten byter plats som i fig nedan blir spänningarna följande

$$V_b = R_2 \times (I_a + I_b) = 1\ \Omega \times 1.1\ A = 1.1\ V \text{ att bli } 1.1\ V$$

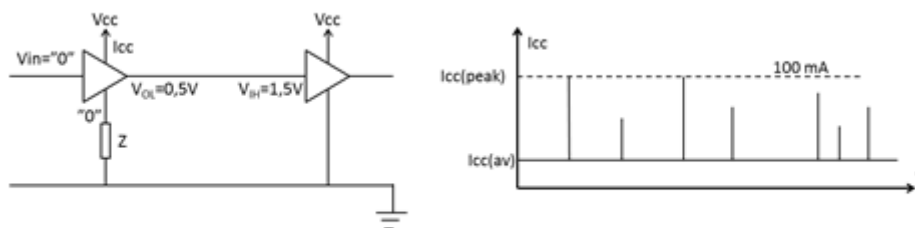
$$V_a = V_b + R_1 \times I_a = 1.1V + 1\ \Omega \times 0.1\ A = 1.2\ V$$



Slutsasen är att det är bättre att placera kortet med hög strömförbrukning närmast GND.

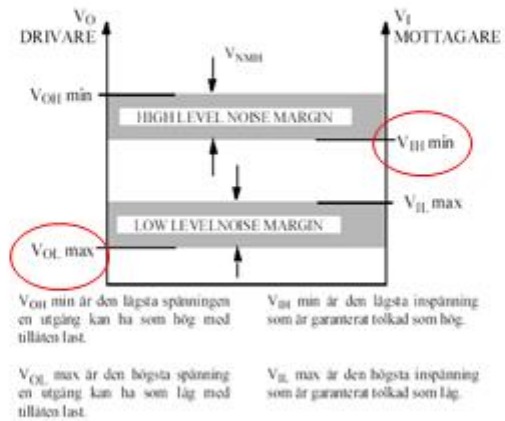
Räkneövning 2

- Två buffertkretsar är kopplade efter varandra. Den första har en oönskad impedans Z till jord. Hur stor får $|Z|$ vara för att inte buffert två skall byta värde på utgången vid en strömtransient $I_{cc}(\text{peak}) = 100 \text{ mA}$?



Lösningsförslag:

Räkneövning 2 lösning



Spänningen över Z är $V_1 = Z \cdot I_{CC} \Rightarrow$ Högsta spänningen $V_{UT1} = V_1 + V_{OL}$

För att buffert 2 aldrig skall byta värde måste $V_{UT1} < V_{IH} = 1,5V$

$$\Rightarrow Z \cdot I_{CC} < V_{IH} - V_{OL} = 1,5V - 0,5V = 1V$$

$$\Leftrightarrow Z < 1V / I_{CC}(\text{peak}) = 10\text{ ohm}$$