



Seminari EMC

Capítol 3:

Conductors, Cables i Acoblament

Conductors, Cables i Acoblament

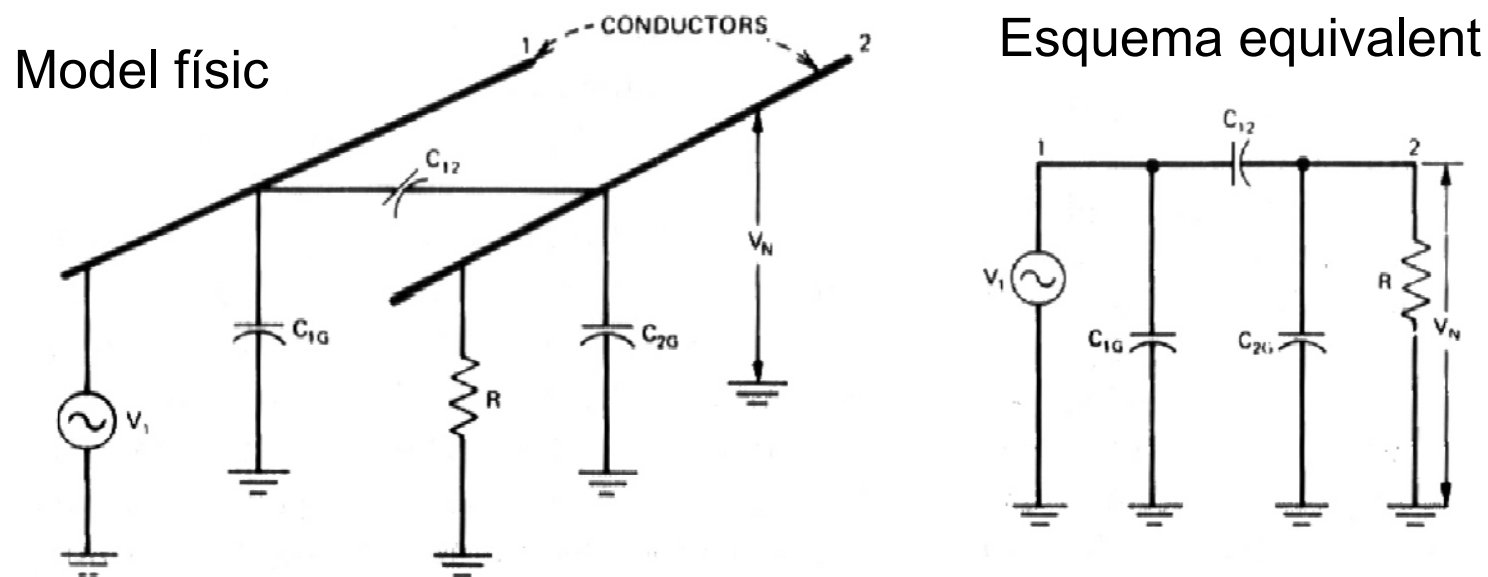


- Introducció
- Acoblament capacitiu
- Acoblament inductiu
- Cables coaxials
- Cables trenats
- Coaxials vs trenats
- Cables plans
- Cables llargs

Introducció

- Els cables son l'element més llarg del sistema
 - Poden ser bons radiadors
 - Poden captar pertorbacions exteriors
- Entren i surten dels equips i el seu blindatge
- Passen pròxims d'altres elements i cables
- Contenen diferents senyals que poden afectar-se mútuament
- Comuniquen subsistemes diferents
- Cal estudiar conjuntament l'acoblament, les terres i l'apantallament del sistema

Acoblament capacitiu



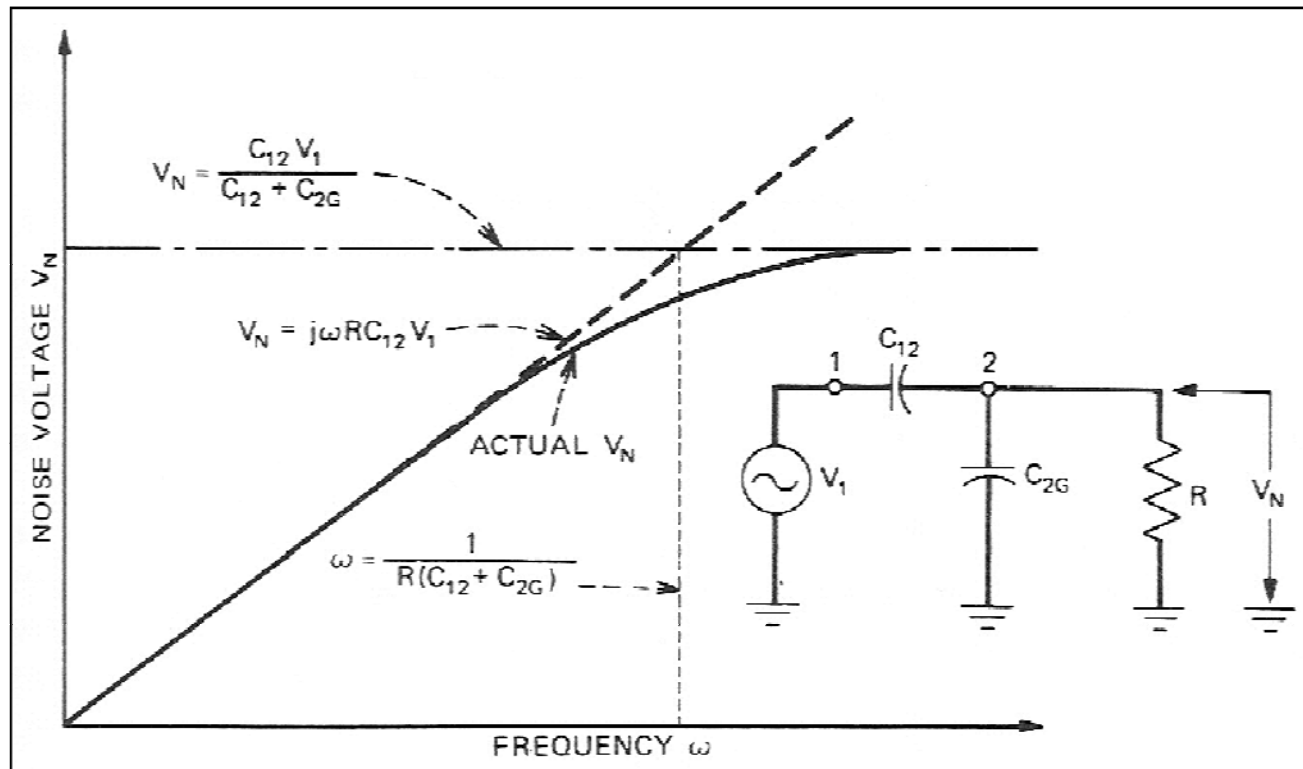
L'acoblament depèn de la impedància del circuit receptor (R)

$$V_N = \frac{j\omega [C_{12} / (C_{12} + C_{2G})]}{j\omega + 1/R(C_{12} + C_{2G})} V_1$$

Acoblament capacitiu (2)

Per $R \ll \frac{1}{j\omega(C_{12} + C_{2G})}$ $R \gg \frac{1}{j\omega(C_{12} + C_{2G})}$

tenim: $V_N = j\omega RC_{12} V_1$ $V_N = \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G}} V_1$



Acoblament capacitiu (3)

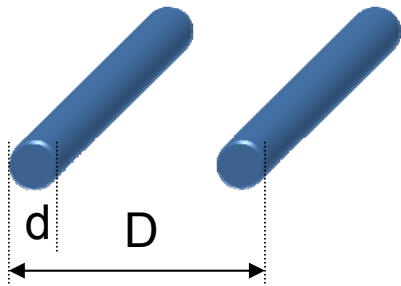
$$V_N = j\omega RC_{12} V_1$$

Per tal de minimitzar l'acoblament cal:

- Reduir l'amplitud del senyal de la font
- Reduir la freqüència i flancs del senyal de la font
- Reduir la impedància del circuit receptor
- Reduir la capacitat entre ambdós conductors C_{12}
 - Separació
 - Orientació
 - Longitud comuna
 - Apantallament

Acoblament capacitiu (4)

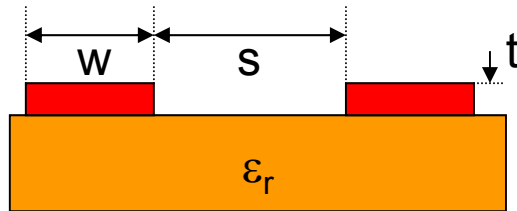
Cables



Per $D/d > 3$
$$C_{12} = \frac{28\epsilon}{\ln\left(2\frac{D}{d}\right)} \quad (pF / m)$$

- Augmentar D i disminuir d fins cert punt
- Evitar trajectòries llargues comunes (C_{12})

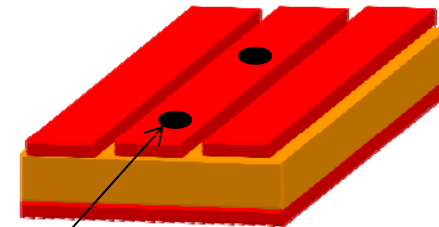
PCB



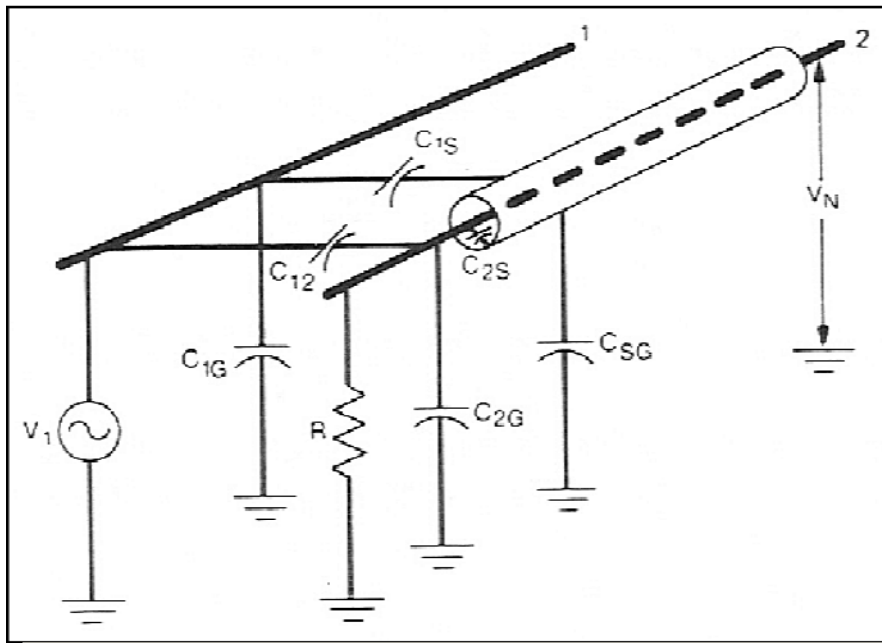
$$C_{12} = \frac{28\epsilon_{eff}}{\ln\left(\frac{\pi s}{w+t}\right)} \quad pF / m; s > w$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2}$$

- Augmentar s i disminuir W i t
- Disminuir ϵ_r
- Posar un pla de massa i **connectar-lo**
- Interposar una pista de massa i connectar-la cada $\lambda/10$ al pla de massa



Acoblament capacitiu (5)



Posant la malla a terra:

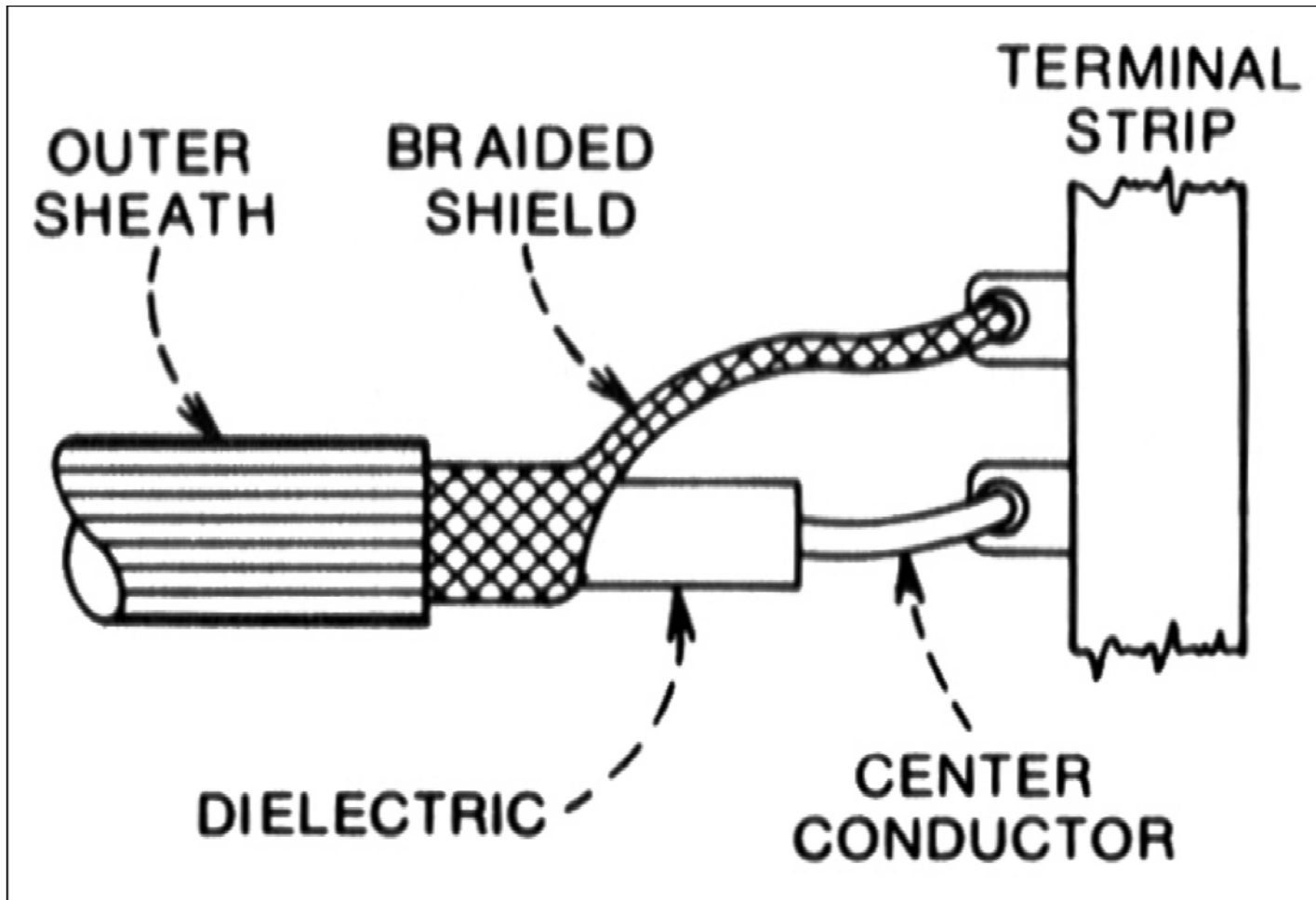
$$V_N = j\omega RC_{12}V_1$$

C_{12} és menor que cas anterior

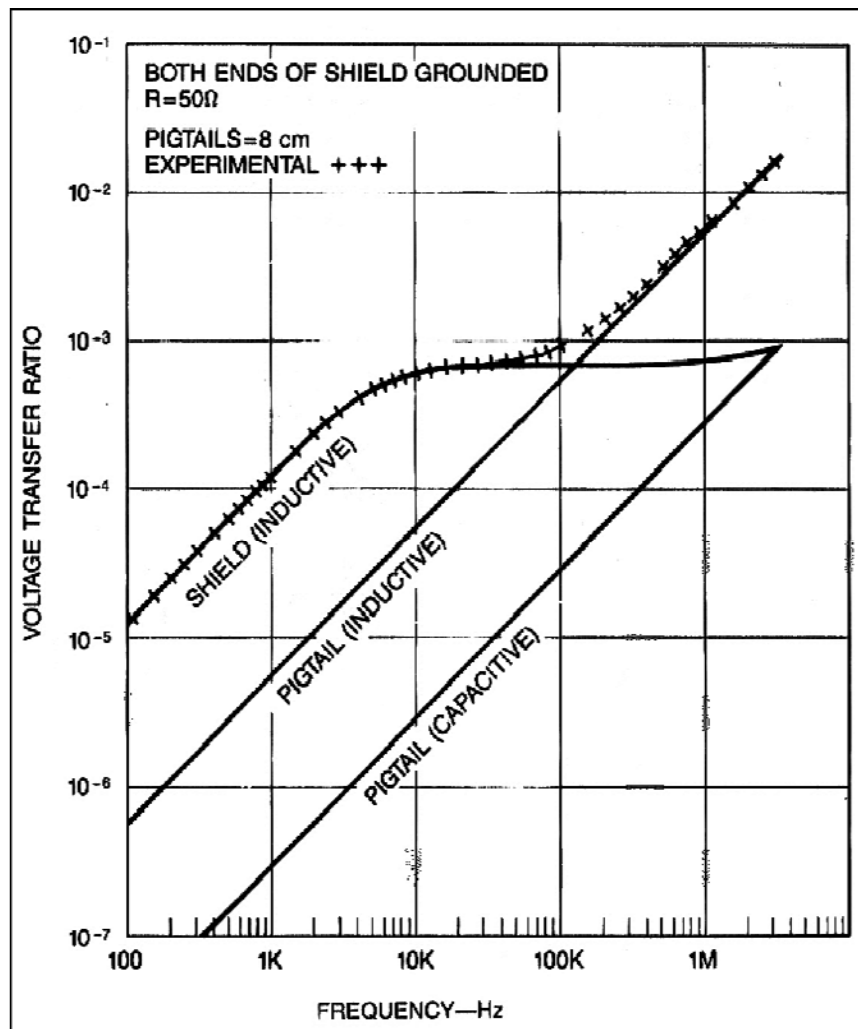
(capacitat entre 1 i part no coberta de 2)

- En un cas ideal $C_{12} = 0$ i per tant $V_N = 0$ (acoblament nul)
- Temes fonamentals:
 - Posada a terra de la malla
 - Acabament de la malla en els connectors
 - La malla no està apantallada

Acoblament capacitiu (6)



Acoblament capacitiu (7)

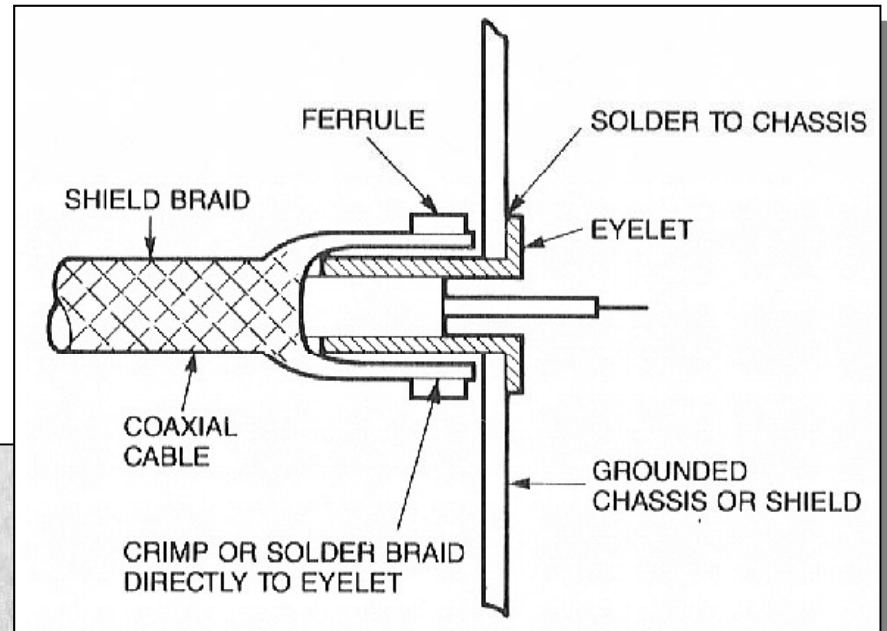
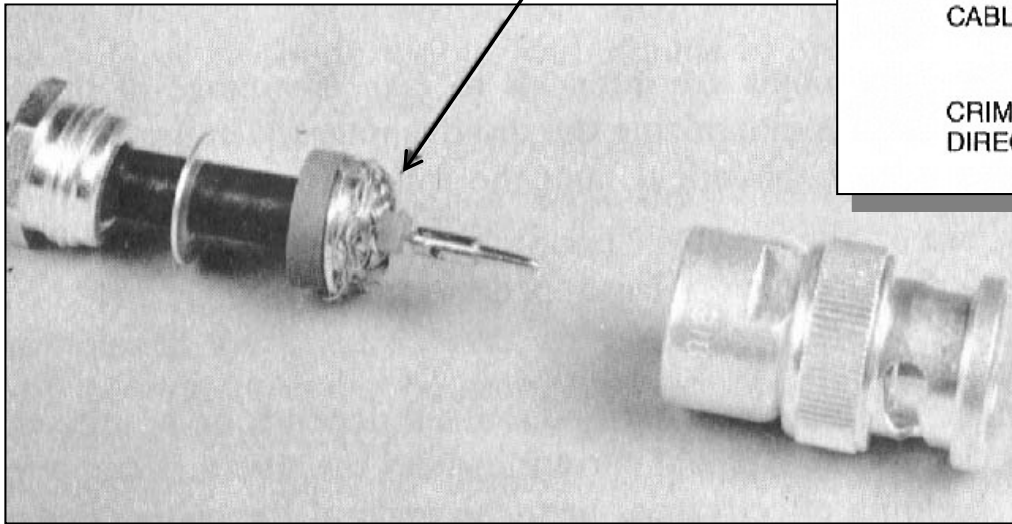


Exemple amb coaxial
3,7m i terminacions de
8cm sobre càrregues 50Ω

- Acoblament inductiu en BF
- Acoblaments inductiu i capacitiu en zona connexió coaxial
- Transferència elevada per freqüències altes

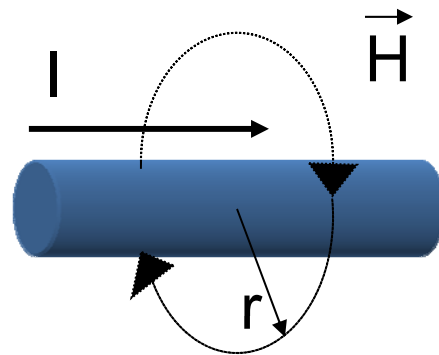
Acoblament capacitiu (8)

Cal mantenir la malla a 360° i no trencar l'apantallament



Acoblament inductiu

- Si per un conductor circula un corrent elèctric, aquest crea al seu voltant un camp magnètic. Les línies de flux segueixen la regla de la ma dreta.
- Les línies de flux es tanquen sobre si mateixes.



Llei d'Ampere

$$\nabla \times \vec{H} = J + \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

Acoblament inductiu (2)

B: Densitat de flux magnètic (Tesla)

H: Intensitat de camp magnètic (A/m)

Φ : Flux Magnètic (Weber)

M_{12} : Inductància mútua entre 1 i 2

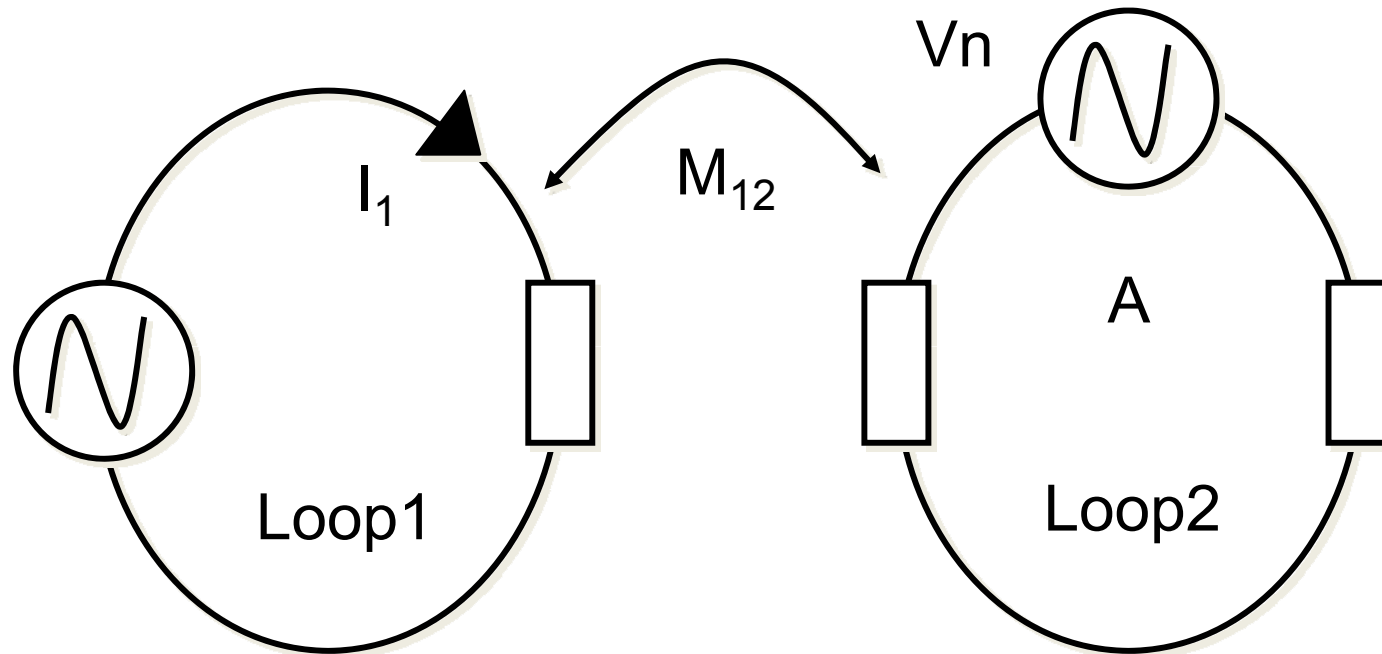
$$\Phi = L I$$

$$B = \mu H; \quad \mu: \text{permeabilitat magnètica } (4\pi \cdot 10^{-7})$$

$$L = \Phi / I \quad (\text{En una bobina de } n \text{ espines: } L = n \Phi / I)$$

$$M_{12} = \Phi_{12} / I_1$$

Acoblament inductiu (3)



$$V_n = j \omega B A \cos \theta$$

$$V_n = j \omega \Phi_{12}$$

$$V_n = j \omega M_{12} I_1$$

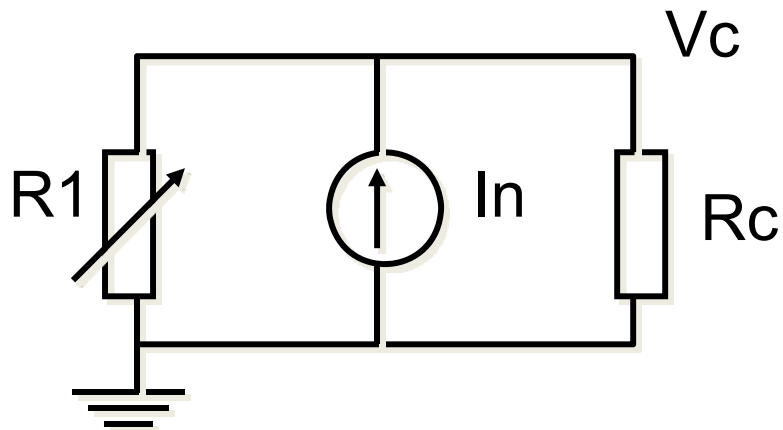
A: Area loop 2
 M_{12} : Induct mútua
 (θ : angle entre bobines)

Acoblament inductiu (4)

Per minimitzar l'acoblament inductiu cal:

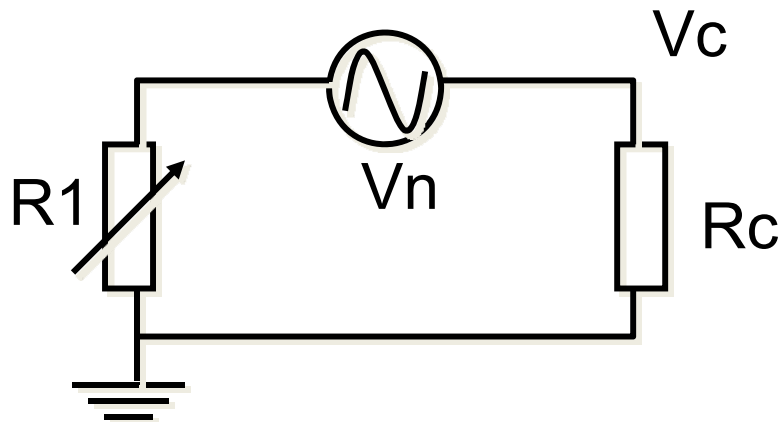
- Minimitzar l'àrea bucle A. Ull amb bucles de pistes i cables
- Posicionar les bobines a 90° . $\cos \theta = 0$
- Tenir compte amb senyals de freqüència elevada
- Allunyar la font de camp del receptor
- Apropar-los a massa
- Minimitzar camp utilitzant imatge en massa
- Apantallar font o receptor → Cables coaxials
- Utilització de cables trenats
- Ull amb bucles en connexions

Acoblament inductiu (5)



Acoblament capacitiu:
 $V_c \uparrow$ amb $R1 \uparrow$

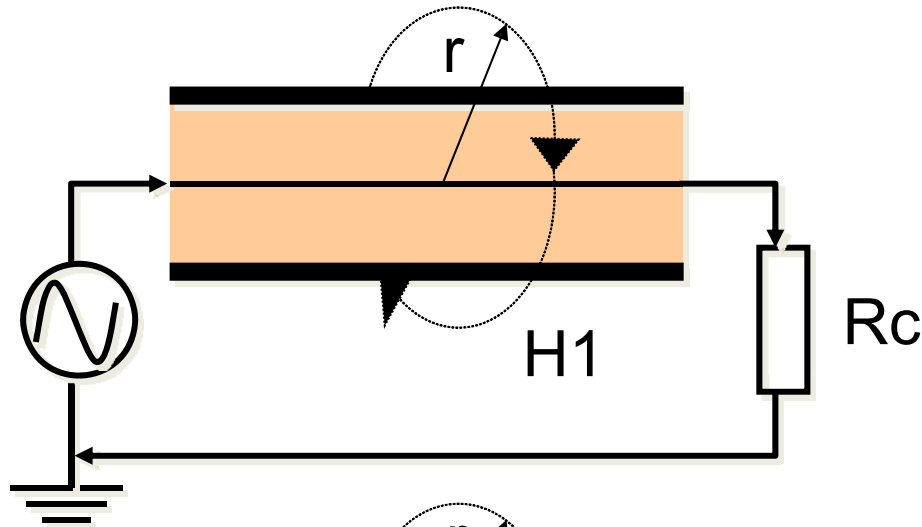
$$I_n = j \omega C_{12} V_1$$



Acoblament inductiu:
 $V_c \downarrow$ amb $R1 \uparrow$

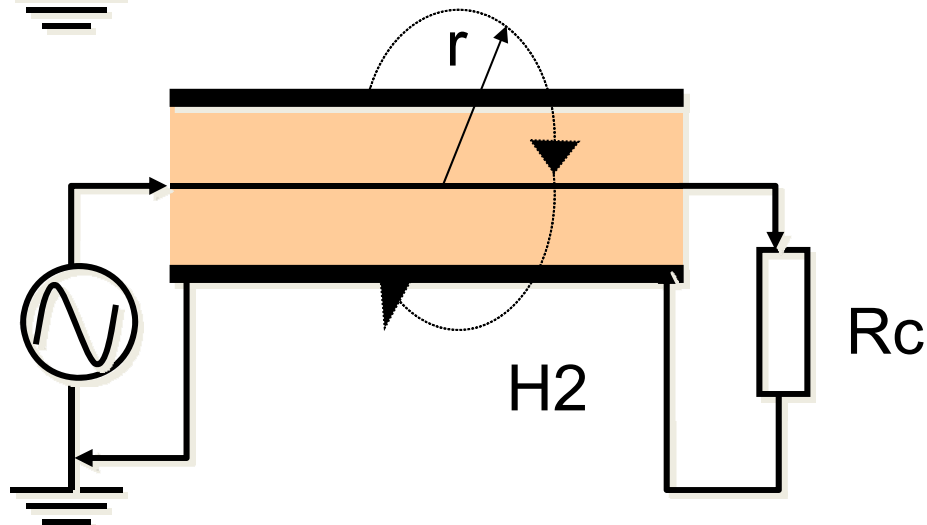
$$V_n = j \omega M_{12} I_1$$

Acoblament inductiu (6)



$$H_1 = I / 2\pi r \neq 0$$

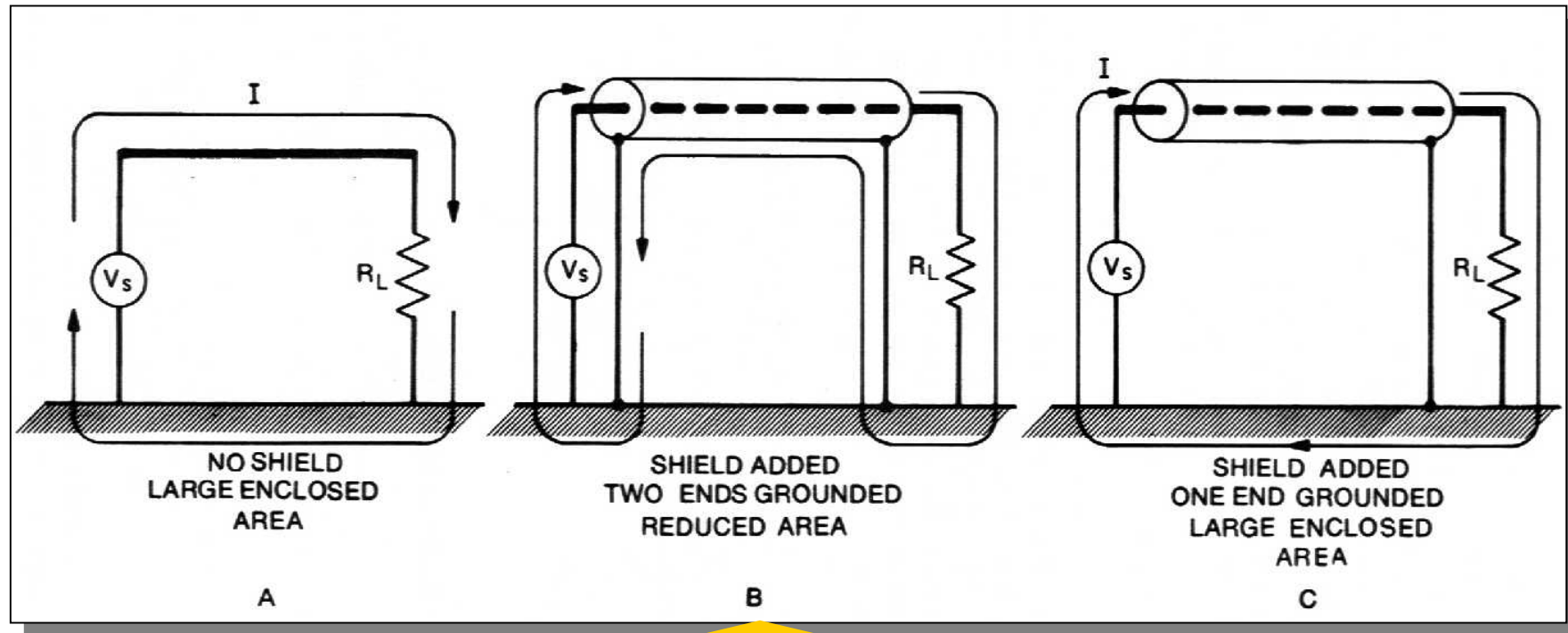
- No apantellem circuit
- Un sol punt connexió a massa no apantalla



$$H_2 = 0$$

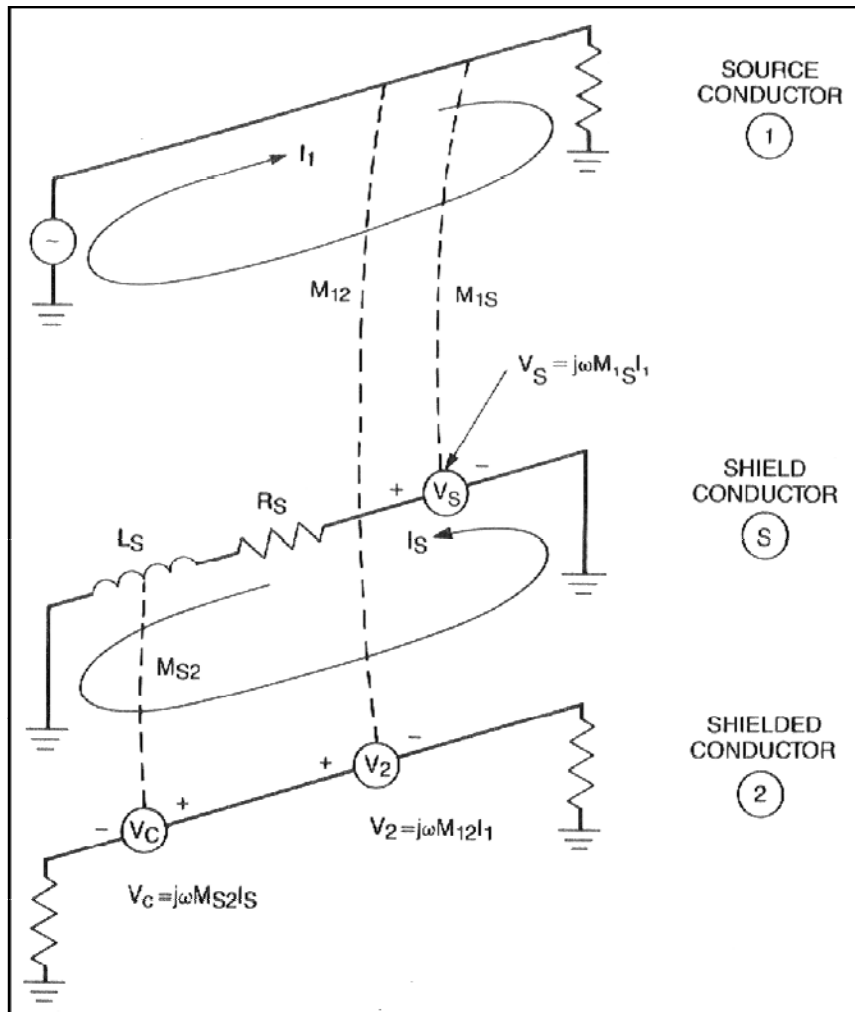
- Els corrents d'anada i retorn s'anul·len i el camp resultant és zero

Acoblament inductiu (7)



Única situació acceptable per $f \geq 5R_s/2\pi L_s$

Acoblament inductiu (8)



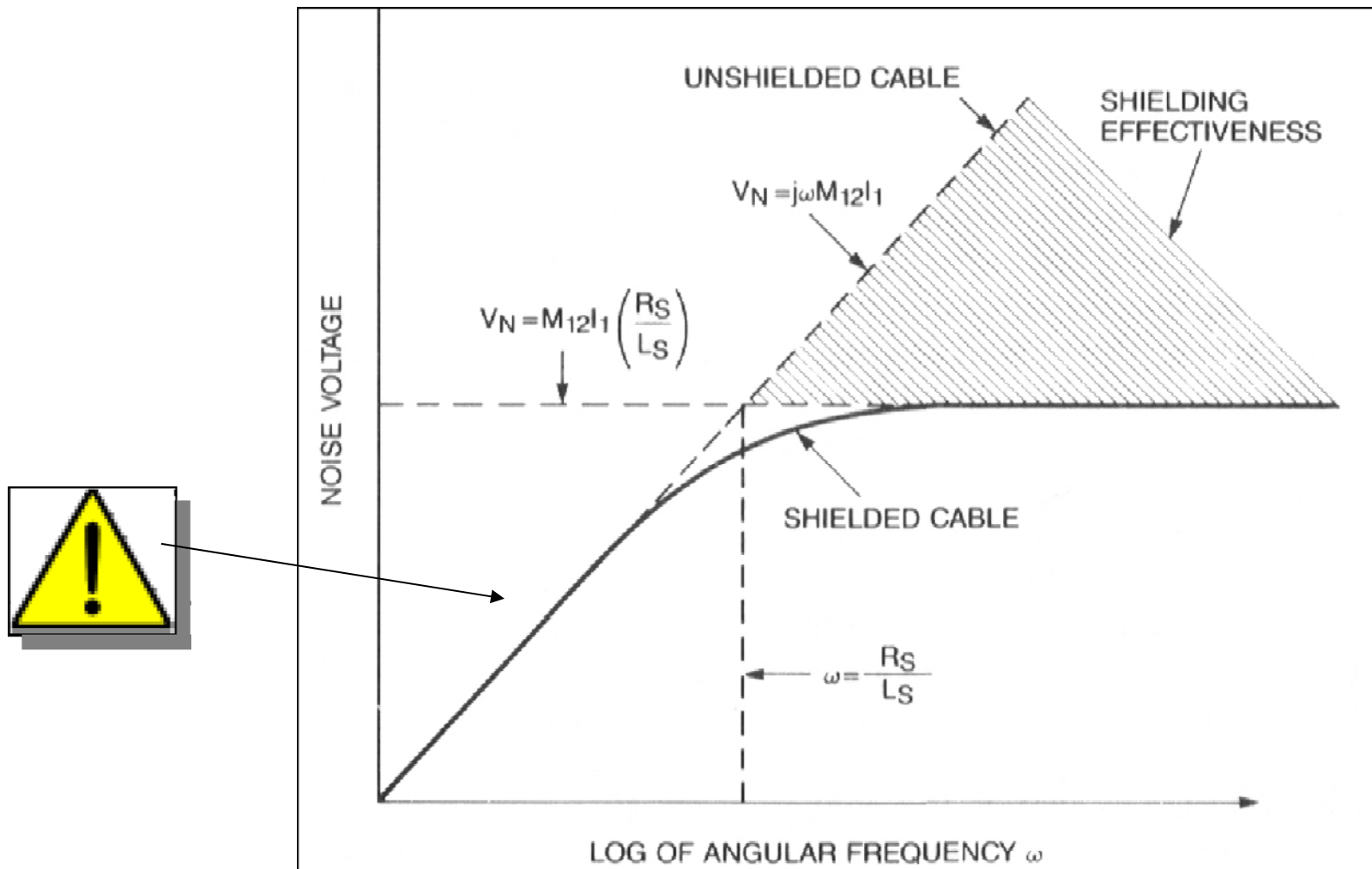
$$V_n = V_2 - V_c$$

$$V_n = j\omega M_{12} I_1 \left[\frac{R_s / L_s}{j\omega + R_s / L_s} \right]$$

$$\omega \downarrow \Rightarrow V_n \approx M_{12} I_1 \frac{R_s}{L_s}$$

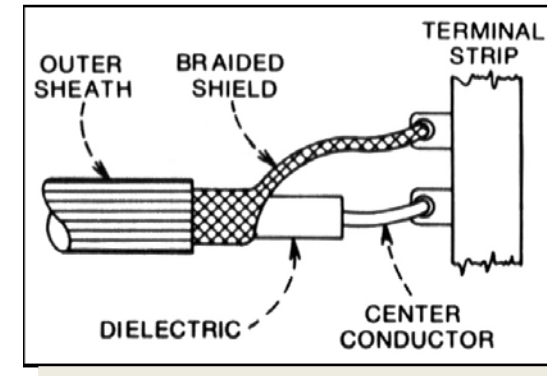
R_s/L_s : Freqüència de tall de la pantalla

Acoblament inductiu (9)



Cables coaxials

Observacions:



- Tenir en compte freqüència de tall de la pantalla
- Cal tenir en compte que les pantalles no son complertes
 - Normalment tenim una malla menys en els de microones
- Cal connectar els dos extrems per aconseguir apantallament
 - Una malla no connectada als dos extrems no és efectiva
 - Cal tenir molt de compte amb les terminacions
 - Usar terminacions a 360° i mantenir apantallament
- A freqüències elevades el retorn va per la cara interna de la malla

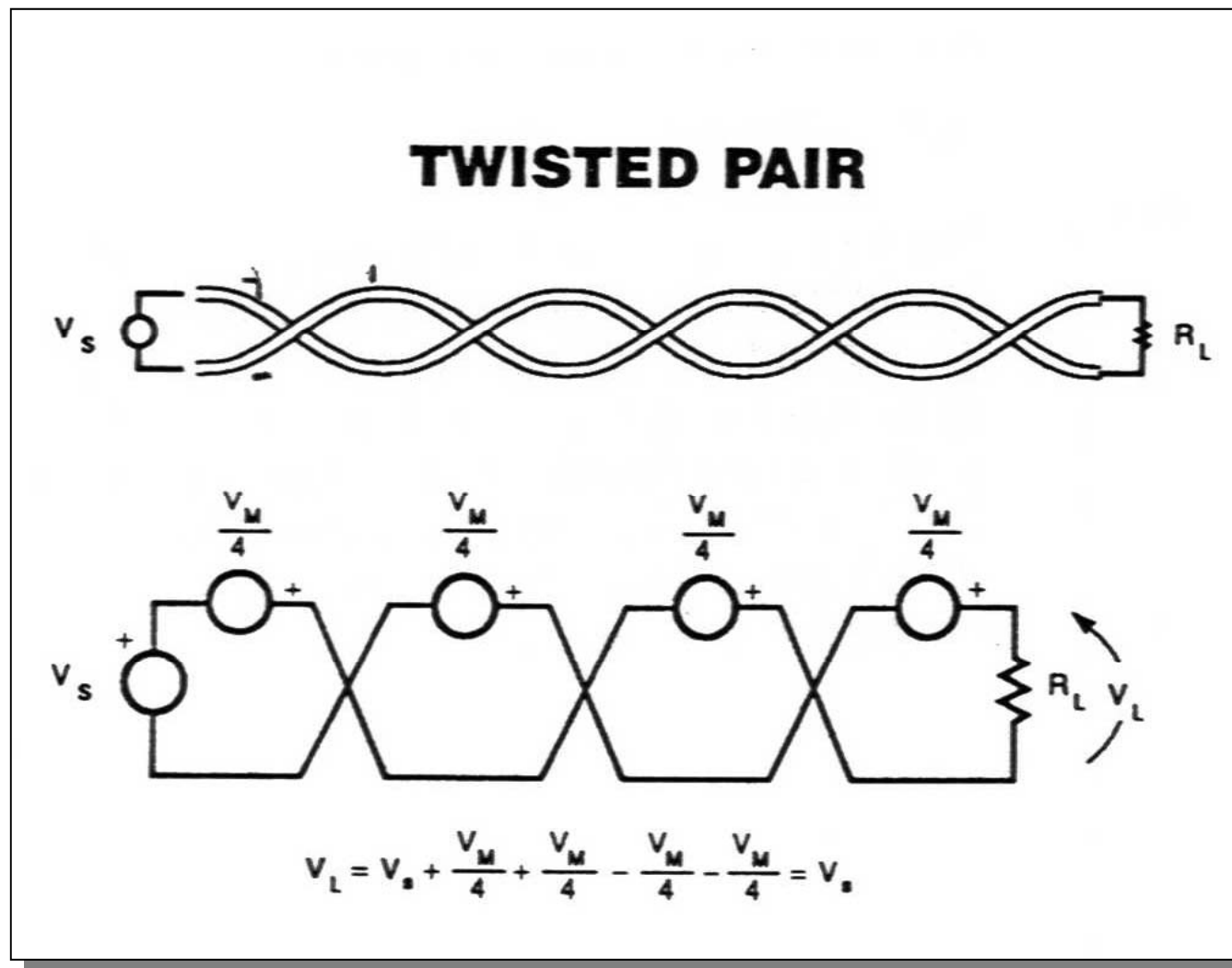
Cables coaxials (2)

Freqüència de tall de cables coaxials

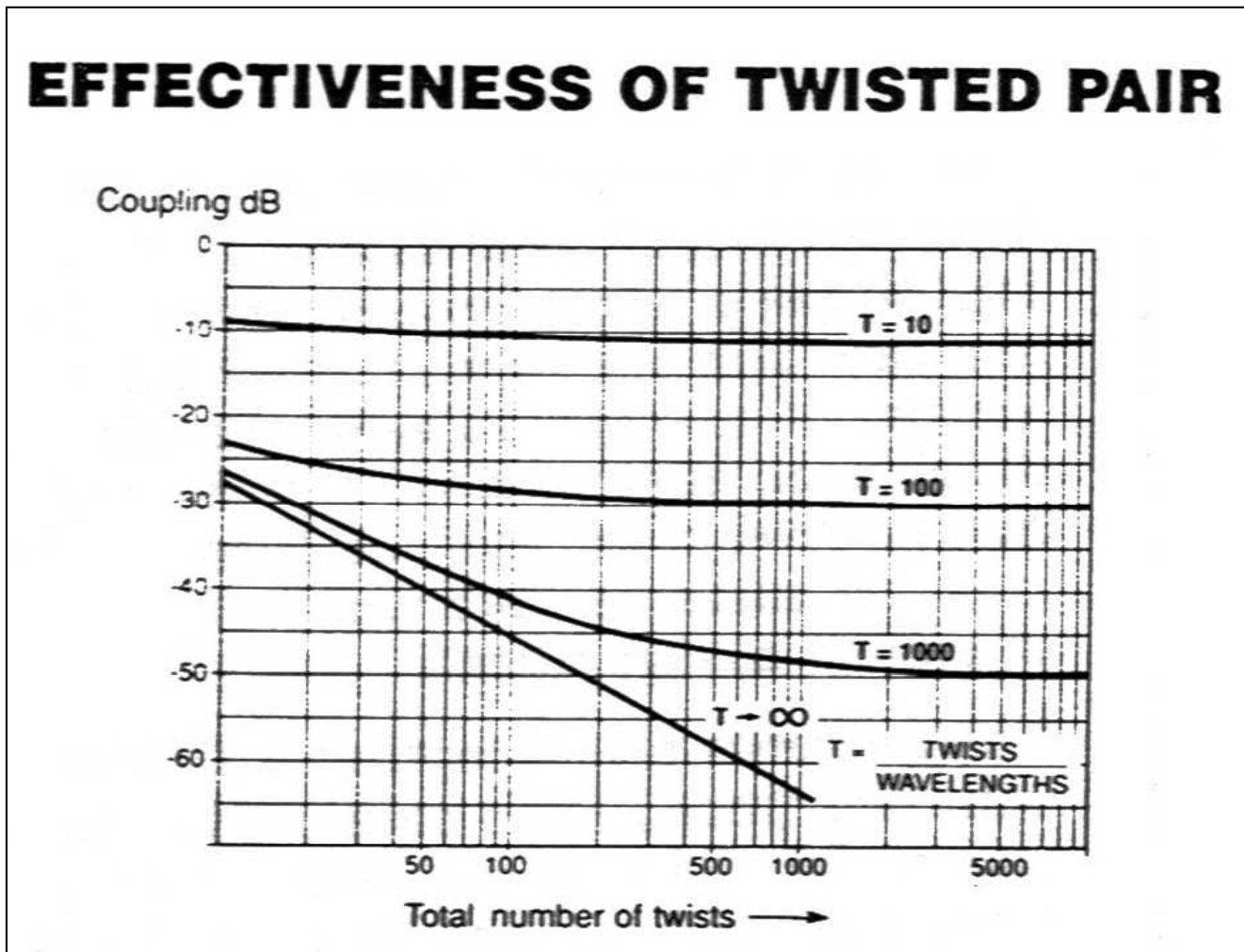
Cable	Impedància (ohms)	Freq. Tall KHz	5 x freq. Tall KHz	Observacions
RG-6A	75	0,6	3	Doble pantalla
RG-213	50	0,7	3,5	
RG-214	50	0,7	3,5	Doble pantalla
RG-62A	93	1,5	7,5	
RG-59C	75	1,6	8	
RG-58C	50	2	10	

Consultar detingudament les característiques del cable en funció de l'aplicació desitjada

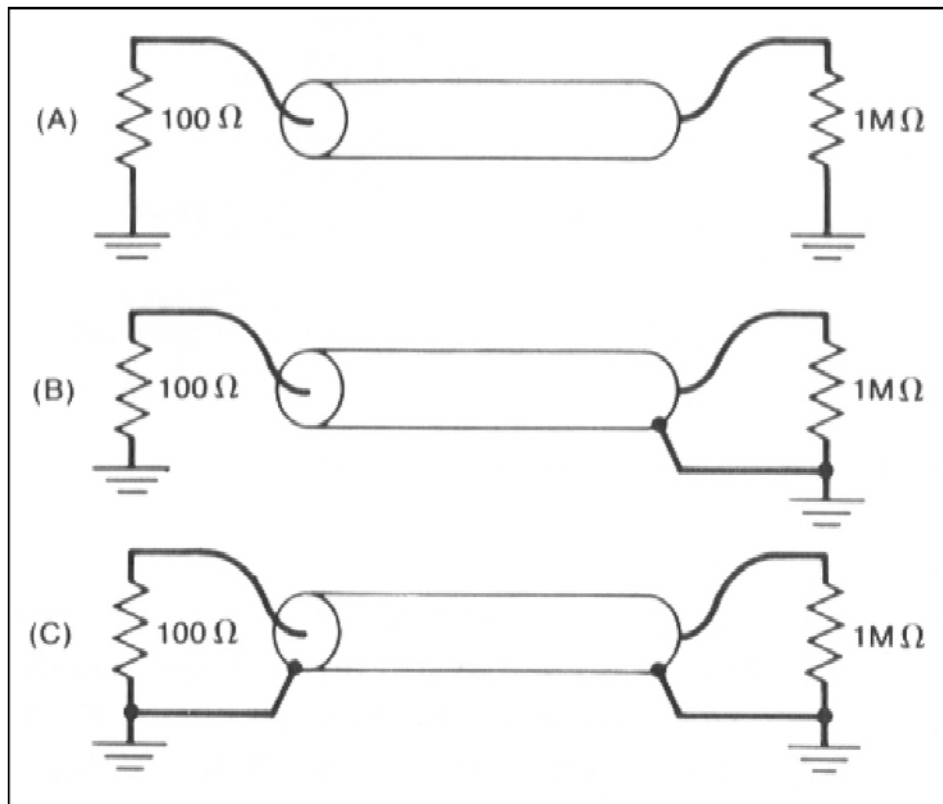
Cables trenats



Cables trenats (2)



Coaxials vs trenats



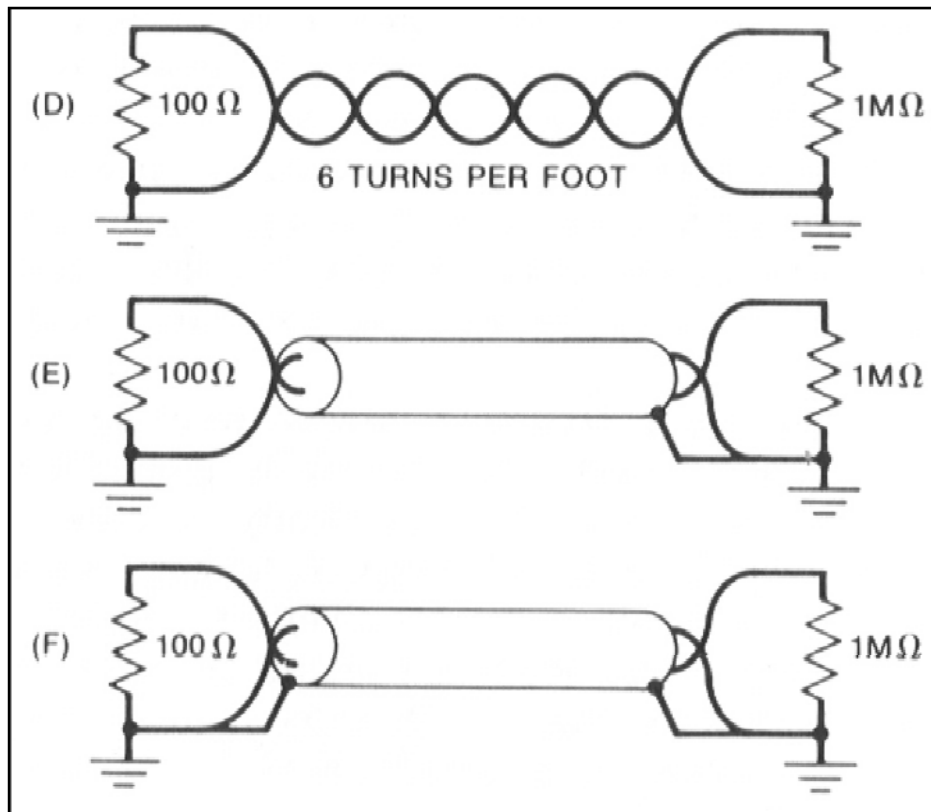
(A) Apantallament nul
Atenuació 0dB(referència)

(B) No apantalla inductiu doncs
corrent no torna per pantalla.
Certa protecció per capacitiu.

(C) Atenuació de 27dB. Millor
comportament capacitiu i certa
protecció inductiu. Cal millorar
bucle format entre malla i
massa i bucles terminals

Senyal de 50KHz

Coaxials vs trenats (2)

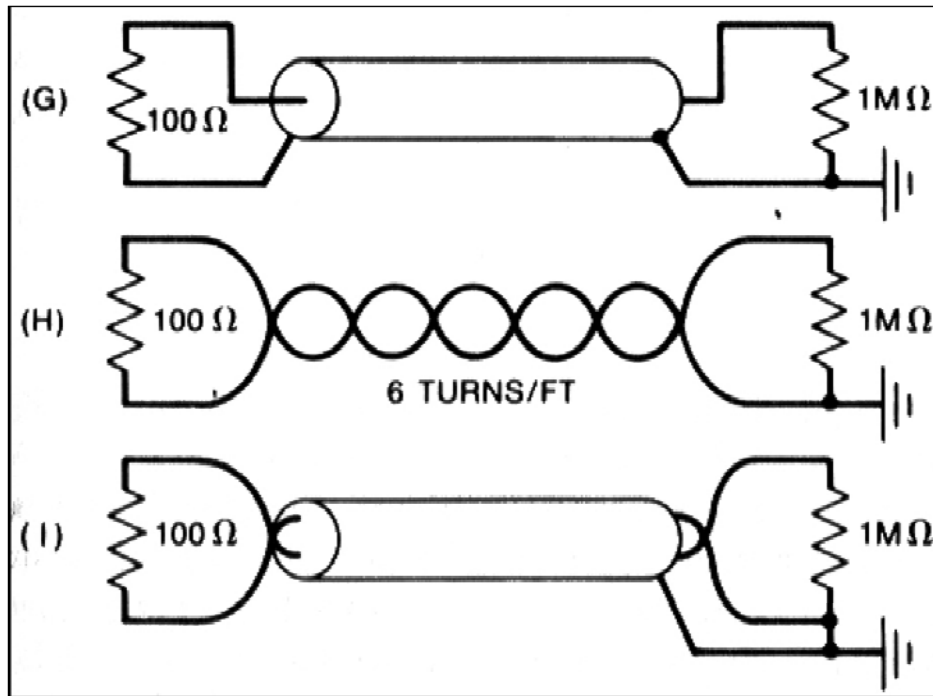


(D) Cable trenat. Millora inductiu però sensible a capacitiu i bucles en terminals. 13dB

(E) Com en el cas (B), no millora inductiu i parcialment capacitiu. 13dB

(F) Millora apantallament doncs coaxial connectat als dos extrems. Cal millorar terminacions i bucle amb massa. 28dB

Coaxials vs trenats (3)

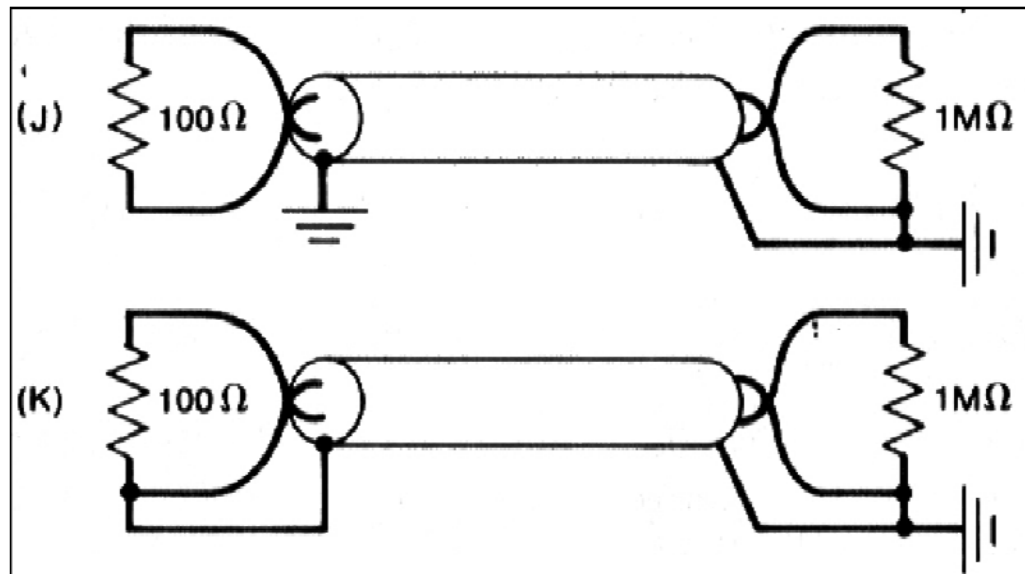


(G) Presenta bucles mínims i bon comportament inductiu. 80dB

(H) Configuració millor que (D) en quant a inductiu però afectable respecte capacitiu. 55dB

(I) Millorem comportament capacitiu respecte anterior. Preferible a (G) per BF. 70dB

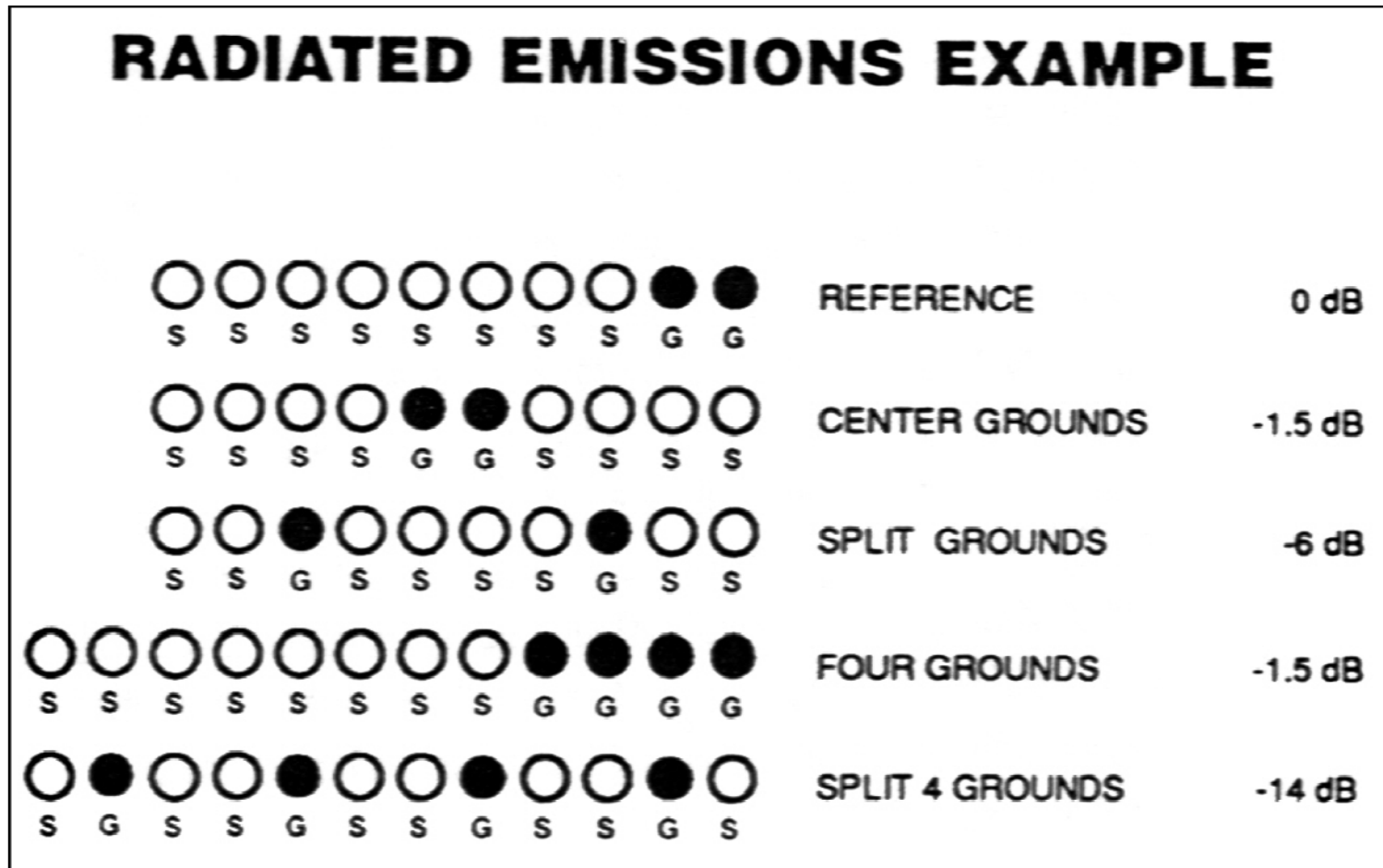
Coaxials vs trenats (4)



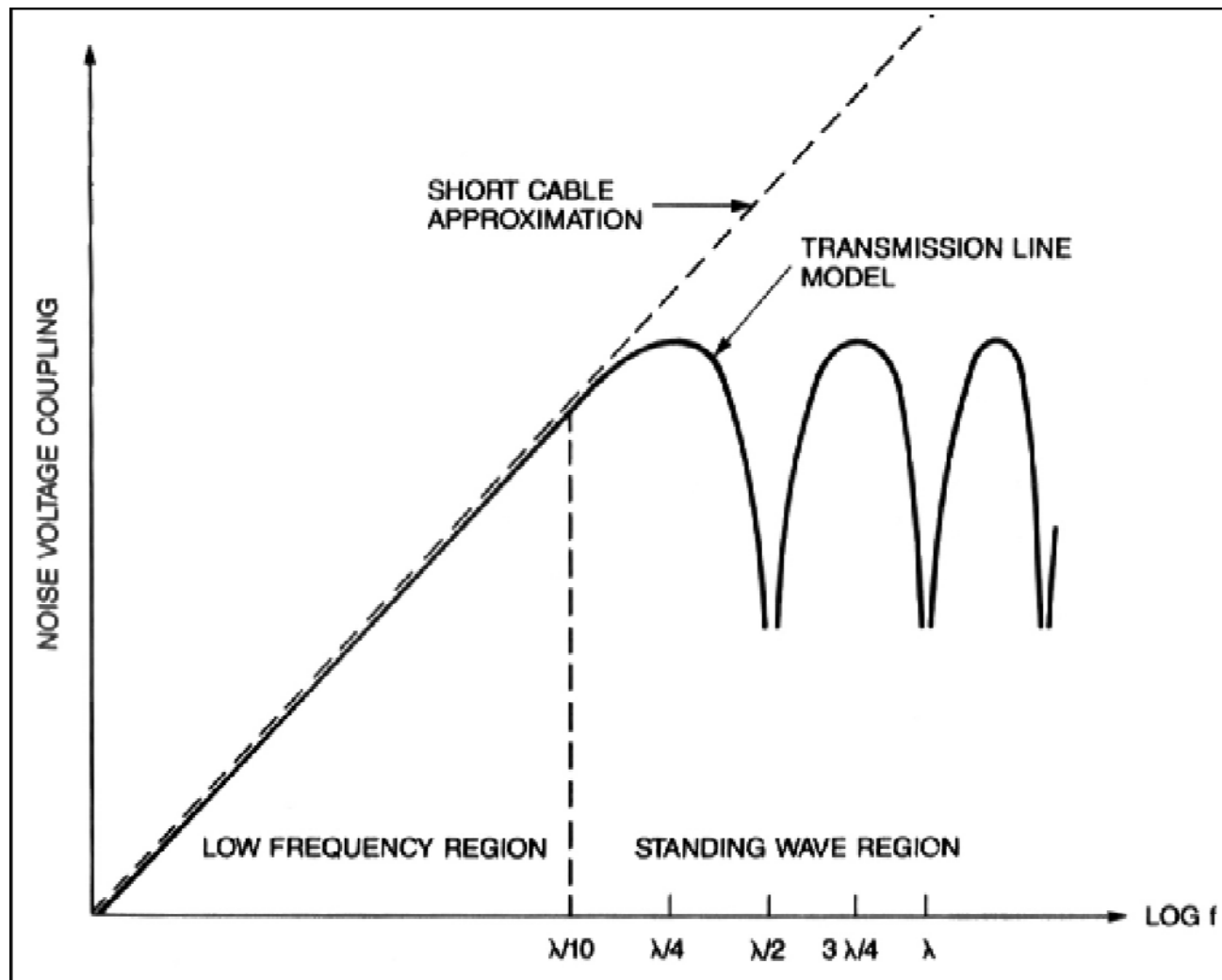
(J) En posar tots dos costats a massa creem un bucle de corrent i empitjora inductiu. 63dB

(K) Combina coaxial amb trenat però presenta el problema de portar possibles sorolls de la malla al senyal. Cal donar un camí de retorn a massa. 77dB

Cables plans



Cables llargs



Fi del capítol 3:

Conductors, Cables i Acoblament

Següent Capítol:

*Acoblament, Terres, Masses,
Apantallament i Blindatges*