



Seminari EMC

Capítol 1:

Introducció a la

Compatibilitat Electromagnètica



Introducció a l'EMC

Definicions

Eines bàsiques per estudiar l'EMC

Elements a tenir en compte

La importància creixent de l'EMC

Fenòmens principals a estudiar en EMC

Fonts, camins i receptors

Elements bàsics per que es produeixi pertorbació

Camins d'acoblament

Conceptes de camp proper i camp llunyà

Tipus de font

Repetibilitat de la interferència

Receptors de la interferència

Condicionaments en freqüència

Propagació o captació d'una interferència

El Receptor EMI

Diagrama de blocs simplificat

El pre-selector

El detector de Quasi-pic i el filtre de vídeo

EMC : Compatibilitat ElectroMagnètica

Compatibilitat: Qualitat de **compatible**

Compatible

I. Del llat. *compatibilis* < *compati* = compadir-se.

1. (adjectiu, -a). Que pot unir-se o existir harmònicament amb una altra cosa o persona en un mateix lloc o temps.

FAM. **Compatibilitat, incompatibilitat.**

OBS.1 Terme relacionat etimològicament amb *compadir*.

La **Compatibilitat Electromagnètica** és l'aptitud d'un dispositiu de funcionar correctament en el seu entorn

- El dispositiu no introdueix perturbacions que afectin els demés
- El dispositiu funciona correctament en un entorn pertorbat

Factors a tenir en compte:

- Cada vegada hi ha més electrònica en els equips (inclosos vehicles)
- Cada vegada tenim un entorn més saturat (espectre)
- L'electrònica controla sistemes de seguretat
- Equips cada vegada més petits i complexos
- Freqüències de treball cada vegada més altes






Termes clau en EMC:

Compatibilitat / Incompatibilitat
Immunitat / Susceptibilitat

Sigles:

EMC, EMI, EMS, ESD

Altres idiomes:

	CEM:	Compatibilitat Electromagnètica
	CEM:	Compatibilidad Electromagnética
	EMC:	Electromagnetic Compatibility
	CEM:	Compatibilité Electromagnetique
	EMV:	Elektro Magnetische Verträglichkeit

Eines bàsiques per estudiar l'EMC

1.- La llei d'Ohm:

$$Z = V / I$$



Georg Simon Ohm

2.- Les equacions de Maxwell:

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho & \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 & \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \end{aligned}$$

$$\text{on } \mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} \quad \text{i} \quad \mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu}$$

E: Intensitat camp elèctric
H: Intensitat camp magnètic
D: Densitat de flux elèctric
B: Densitat de flux magnètic
J: Densitat de corrent
 ρ : Densitat de càrrega (volum)
 ϵ : Constant dielèctrica
 μ : Permeabilitat



James C. Maxwell

... Normalment emprarem models més senzills!

Elements a tenir en compte en EMC



Nivell d'immunitat > nivell de la interferència

Exemples quotidians:

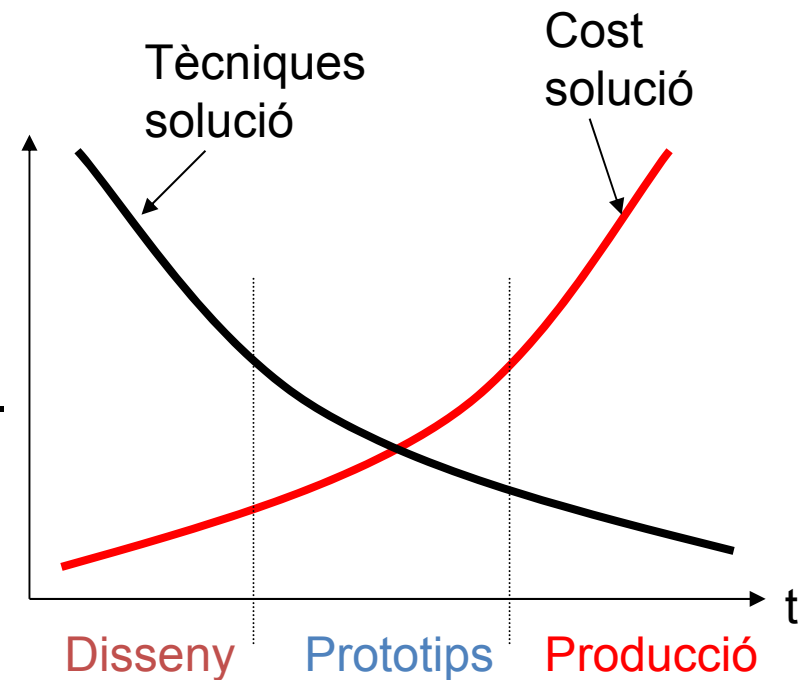
Electrodomèstic i soroll en ràdio
Telèfon mòbil i soroll i efectes megafonia
Restriccions d'ús mòbils en avions o hospitals

La importància creixent de l'EMC

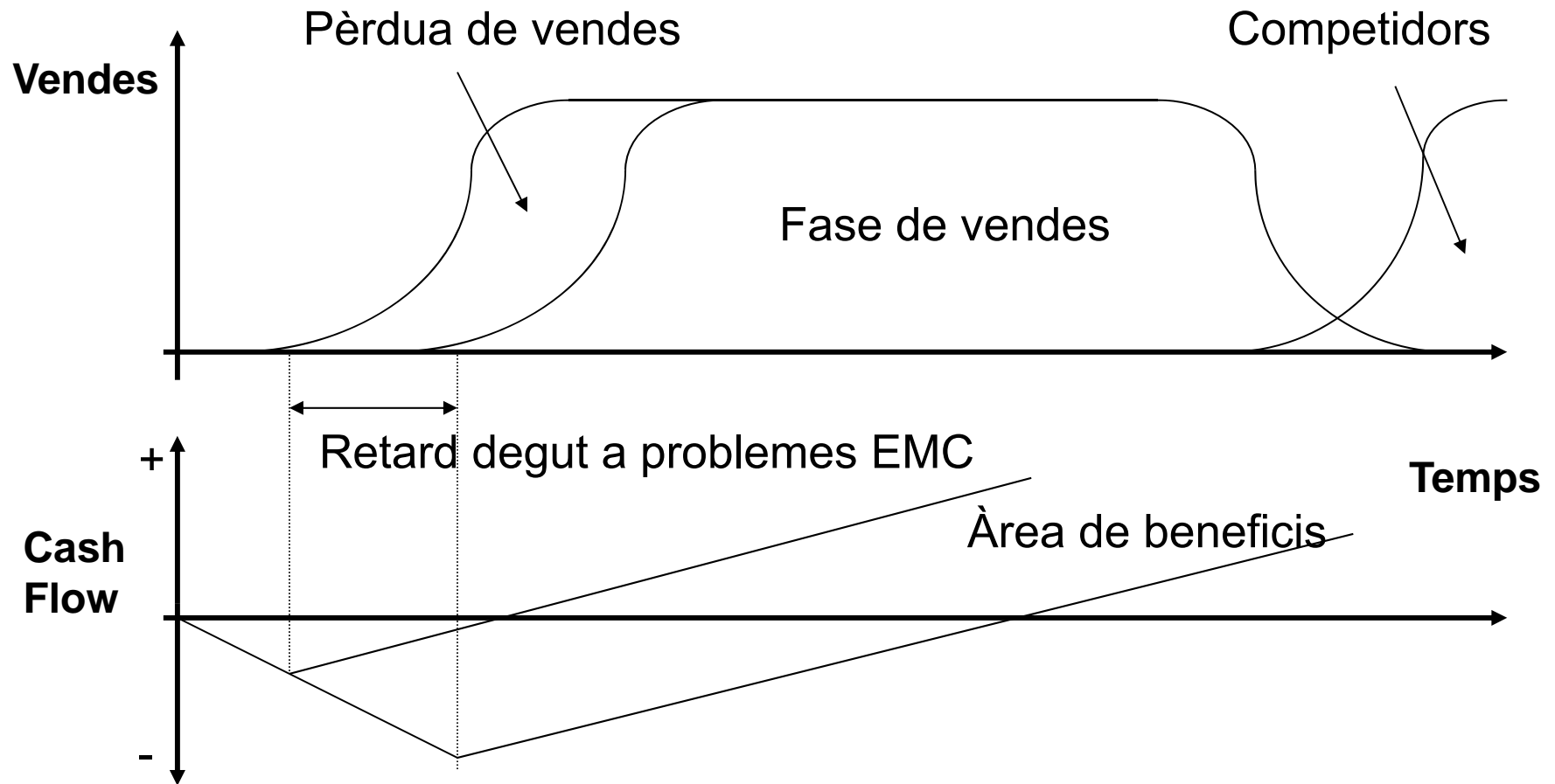
- **Mal funcionament dels equips.** Els entorns de treball de molts equips estan cada vegada més contaminats donant lloc a problemes de qualitat i fins i tot de seguretat
- **Polítiques de qualitat i millora.** Els productes competeixen en mercats cada vegada més saturats. Han d'oferir un nivell de qualitat més alt pel mateix preu.
- **Existència d'una obligatorietat de compliment.** Directives d'EMC i normatives harmonitzades en marcatge CE, homologacions, etc.
- **Presència creixent electrònica.** Augment considerable de la integració de funcions complexes en tots els àmbits.
- **Manca de personal.** A les empreses els costa trobar personal tècnic amb coneixements d'EMC.

La importància creixent de l'EMC (cont)

- **Cicle de vida dels productes.** El cicle de vida dels productes cada vegada és més curt i cal integrar més funcions i més complexes en un menor temps
- **La globalització.** Els productes dissenyats i fabricats en qualsevol part del món volem que siguin exportables a qualsevol altre país
- **EMC i fases de desenvolupament.** Cal tenir en compte la problemàtica del EMC en les fases inicials de desenvolupament



La importància creixent de l'EMC (cont)



Equips més petits i freqüències de treball més altes

○ Per un costat: $\lambda = \frac{c}{f}$

com f augmenta tenim que λ disminueix

Exemple:

Ordinador amb processador a 2,5GHz

$f = 2500$ MHz

$C =$ velocitat de la llum ($C_{\text{buit}} = 300.000\text{Km/s}$)

$\lambda = 0.12\text{m} = 12\text{cm}$

($\lambda/2 = 6\text{cm}$ i $\lambda/4 = 3\text{cm}$) ← antenes eficients

○ Per l'altre els equips cada vegada menors

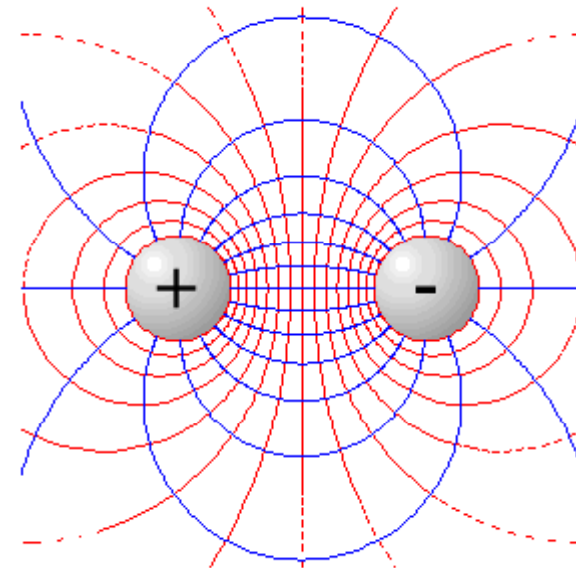
Fenòmens principals a estudiar en EMC

Emissions

Emissions Radiades
Emissions Conduïdes

Immunitat [a]

Emissions Radiades
Emissions Conduïdes
Descàrregues Electrostàtiques



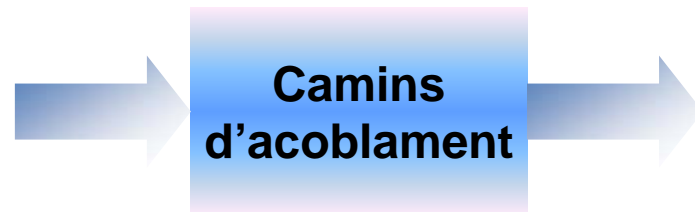
Elements bàsics per que es produeixi pertorbació



Caldrà millorar el següent si volem minimitzar-ne els efectes:

- **Eliminar o minimitzar la font.** En fase de disseny pot ser més o menys complicat però serà molt difícil amb el disseny tancat
- **Fer el canal menys eficient.** Evitar la propagació empitjorant l'adaptació del canal a la pertorbació
- **Augmentar la immunitat del receptor.** Podem disminuir la pertorbació a nivell de receptor. Pot ser complicat en funció de topologia i de la relació entre pertorbació i sensibilitat

Camins d'acoblament



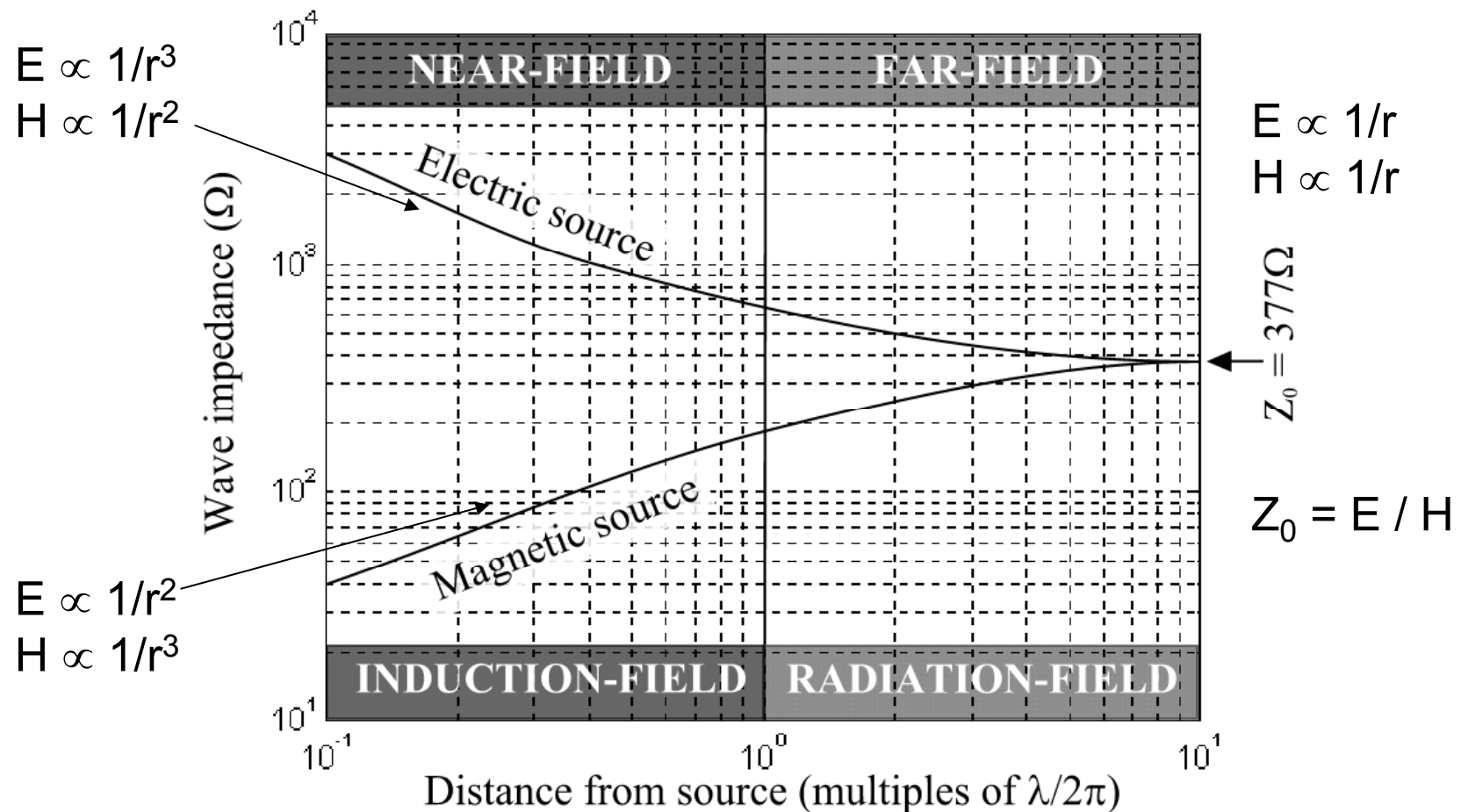
Acoblament Conduït. Medi físic

- Propagació per cables, pistes, components, etc.
- Propagació per impedància comú. Elements anteriors compartits

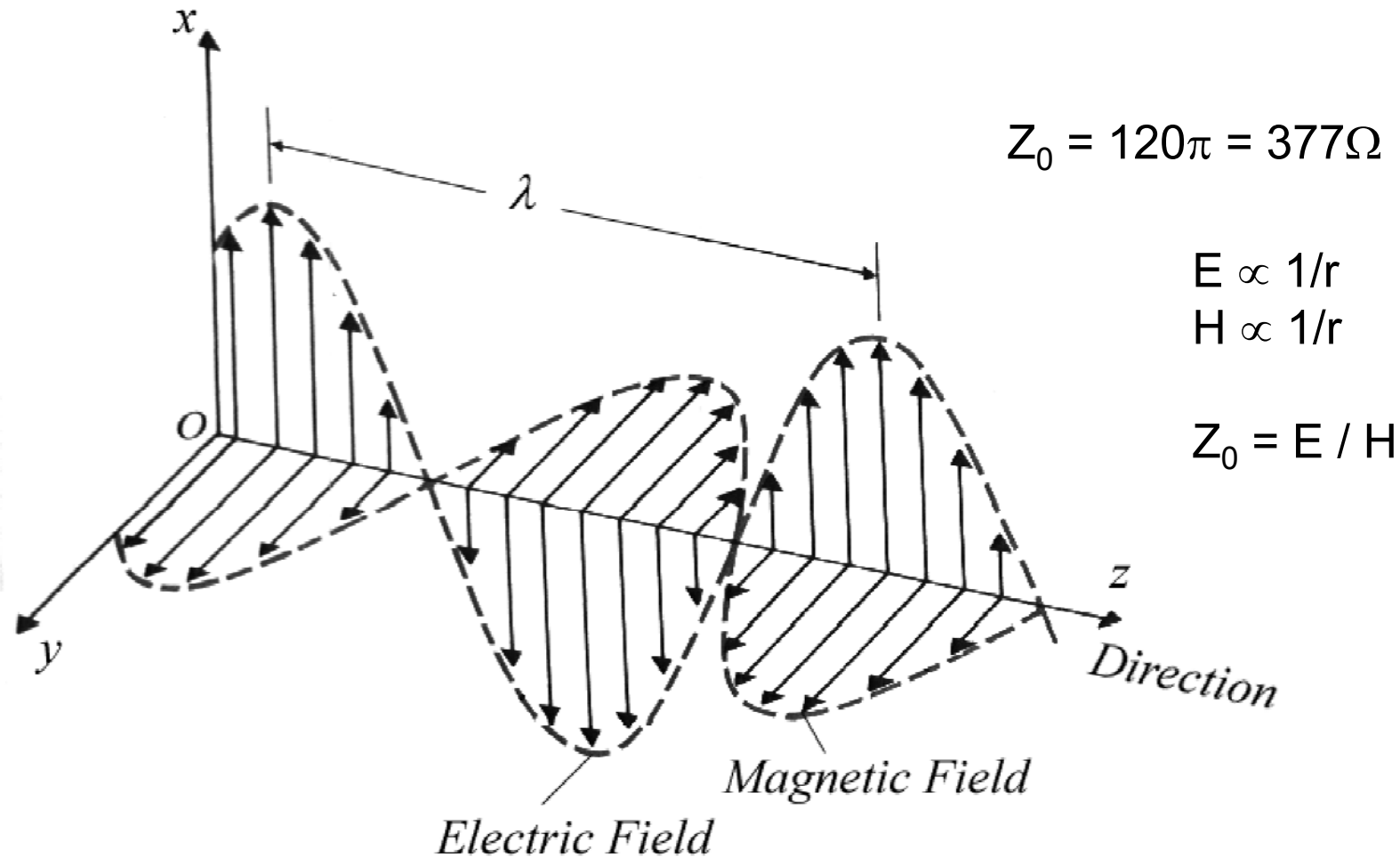
Acoblament Radiat. Medi físic no necessari

- Acoblament Capacitiu. En camp proper. Predomina camp E
- Acoblament Inductiu. En camp proper. Predomina camp H
- Radiació Electromagnètica. Camp llunyà per ona plana

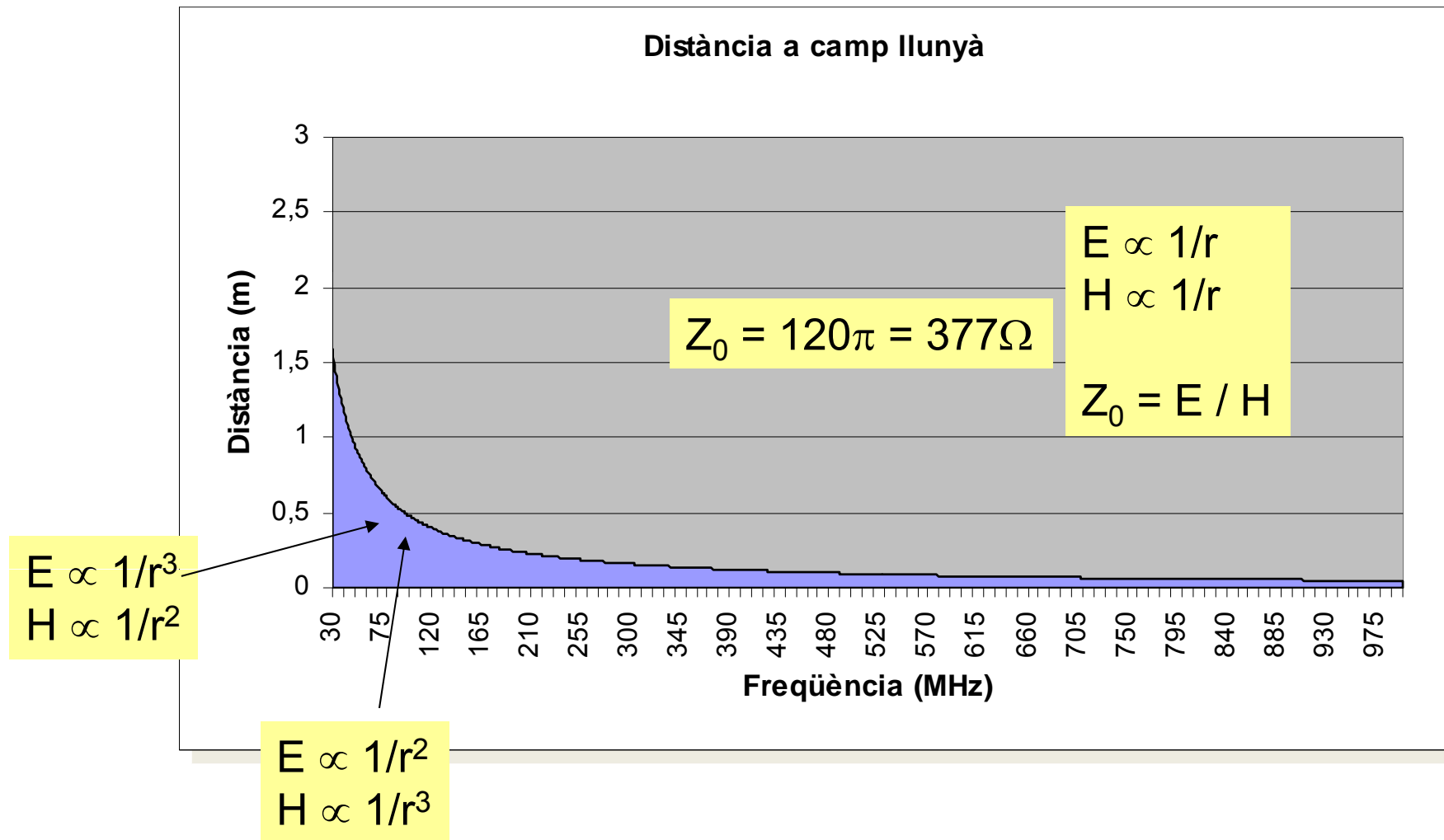
Conceptes de camp proper, llunyà i ona plana



Conceptes de camp proper, llunyà i ona plana (cont)



Conceptes de camp proper, llunyà i ona plana (cont)



Tipus de Fonts

Font
d'interferència



1.- Naturals:

○ *Terrestres*

- Descàrregues Electrostàtiques (ESD)
- Descàrregues Atmosfèriques (LEMP)
- Impuls Electromagnètic Nuclear (NEMP)

○ *Extraterrestres*

- Sol
 - Fluid galàctic
 - Raigs còsmics
 - Ràdio estrelles
- } Soroll còsmic

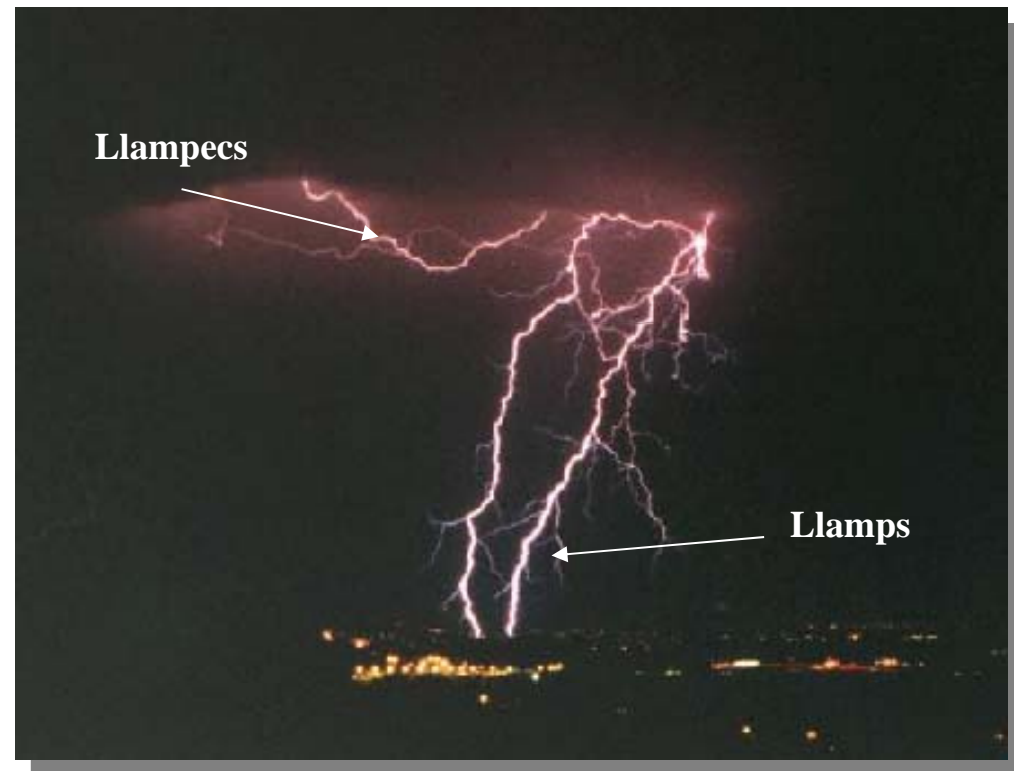
Tipus de Fonts (cont)

2.- Artificials:

- **Comunicacions Electròniques**
 - Radiodifusió i TV
 - Navegació
 - Radar
 - Sistemes de comunicació i telefonia
- **Energia Elèctrica**
 - Distribució
 - Transmissió
 - Conversió
 - Generadors
- **Eines i màquines**
 - Electrodomèstics
 - Mecanismes
 - Maquinaria industrial i oficina
 - Transports
 - Eines elèctriques
- **Sistemes d'encesa**
 - Motors d'explosió
 - Vehicles
 - Eines no elèctriques
- **Industrials i consum**
 - Soldadura per arc
 - Radiadors elèctrics calor i forns
 - Escalfament per inducció
 - Controls industrials
 - Ordinadors
 - Neteja per ultrasons
 - Instruments mèdics
 - Lluminàries

Descàrregues atmosfèriques (LEMP)

- Estudiats en 1752 per Benjamin Franklin com descàrregues elèctriques
- Es produeixen per $E > 10 \text{ KV/cm}$
- Entre la ionosfera i la terra acostuma a registrar-se $\Delta V = 300\text{KV}$
- Llamps equilibren càrregues



Descàrregues atmosfèriques (cont)

- Un llamp pot arribar a conduir més de 200KA
El 5% superen descàrregues de 100KA
El 95% no supera els 6KA
- Normalment protegim per nivell de fins a 6KA i 5KV (95% dels casos)
- 2.000 tempestes simultànies
(100 llamps/s, 4.000 tempestes/dia, 9.000.000 llamps/dia)
- Espectre produït pels llamps és molt ample (freqüències)
- Simulats en laboratori amb polsos 1.2/50 i 8/20



Impuls Nuclear Electromagnètic (NEMP)

Pertorbació deguda a una explosió nuclear

- Temps de pujada de l'ordre de 10ns
- Durada del pols de 100ns a 10 μ s
- Espectre de freqüència fins uns 10GHz
- Proteccions similars a les necessàries pels llamps
Topologia similar però molt més ràpides

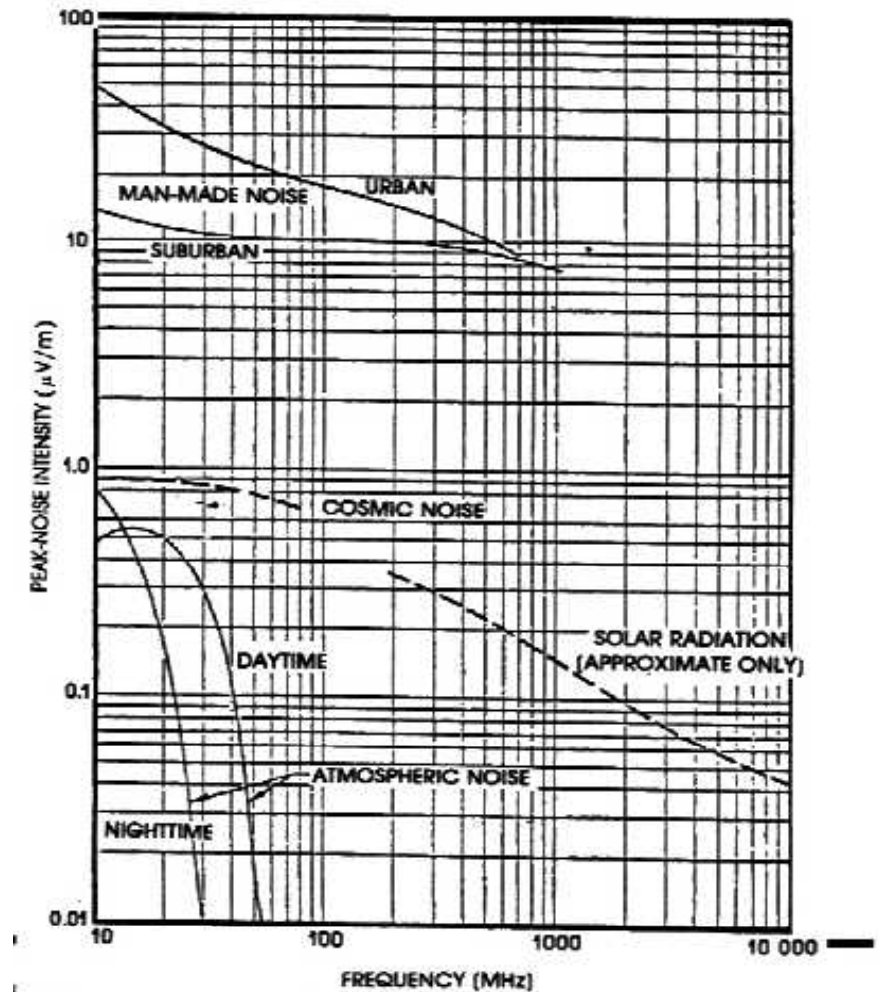
➤ A tenir en compte en centrals nuclears, aplicacions militars, comunicacions governamentals i altres punts estratègics.



Soroll còsmic

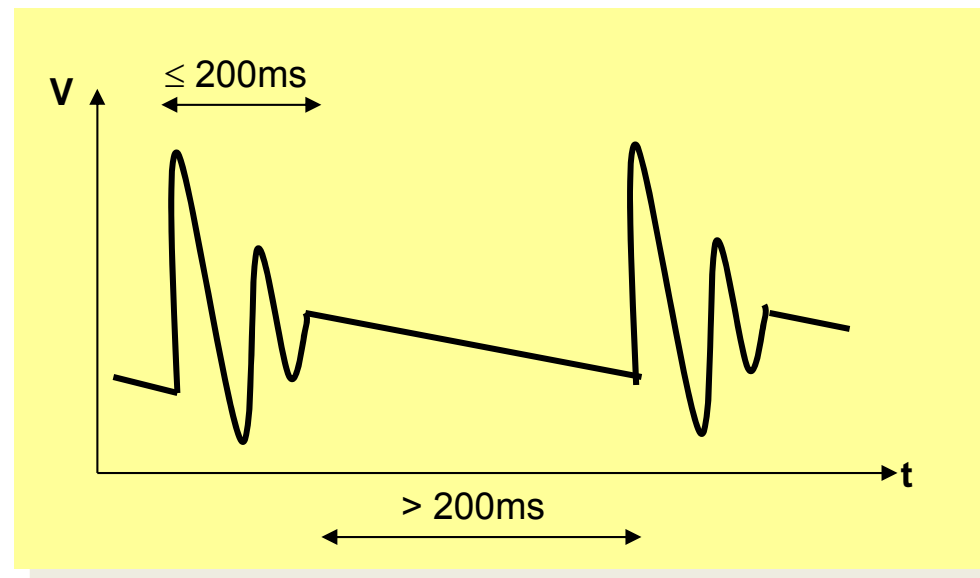
Bàsicament distingim tres tipus de soroll còsmic.

- **Soroll solar.** Degut a les taques solars.
De 20MHz a 35MHz
- **Soroll tèrmic.** Cossos celestes.
De 3GHz a 30GHz
- **Soroll galàctic.** Soroll de l'espai profund. Principalment produït per la constel·lació de sagitari.
De 150MHz a 200MHz



Repetibilitat de la interferència

- **Interferències contínues.** Les de duració superior a 200ms
- **Interferències discontinúes.** Les de duració inferior a 200ms i període de repetició superior a 200ms



Receptors de la interferència



1.- Naturals

- *Home*
- *Animals*
- *Plantes*

2.- Artificials

- ***Receptors de comunicacions***
 - Radar
 - Sistemes de navegació
 - Sistemes de comunicacions
 - Radiodifusió i TV
 - Receptors de ràdio, TV i telefonia

- ***Amplificadors***

- Freqüència intermèdia
- Vídeo
- Àudio
- Instrumentació i senyal

- ***Industrials i consum***

- Controladors
- Instruments biomèdics
- Equips d'àudio i megafonia
- Telèfons
- Sensors
- Monitors
- Ordinadors
- Telecomandament i telecontrol

Condicionaments en freqüència

$f < 10\text{KHz}$

Acoblaments per **conducció**

Fonts d'alimentació, xarxa elèctrica, etc.

$10\text{KHz} < f < 150\text{KHz}$

Acoblaments per **conducció**, **capacitiu** i **inductiu**

Transitoris de tensió, impulsos de corrent, relés, interruptors, tiristors, fonts commutades, etc.

$150\text{KHz} < f < 30\text{MHz}$

Acoblaments per **conducció** i **radiació** (E, H i **Ona plana**)

Existeixen normatives d'obligat compliment
Rellotges, fonts commutades i anteriors

Condicionaments en freqüència

$30\text{MHz} < f < 300\text{MHz}$

Acoblament fonamentalment **radiat** (*Ona plana*)

Normativa concreta

Sistemes digitals, paràsits, equips de comunicacions,
sistemes de commutació ràpids, harmònics anteriors, etc.

$300\text{MHz} < f < 18\text{GHz}$

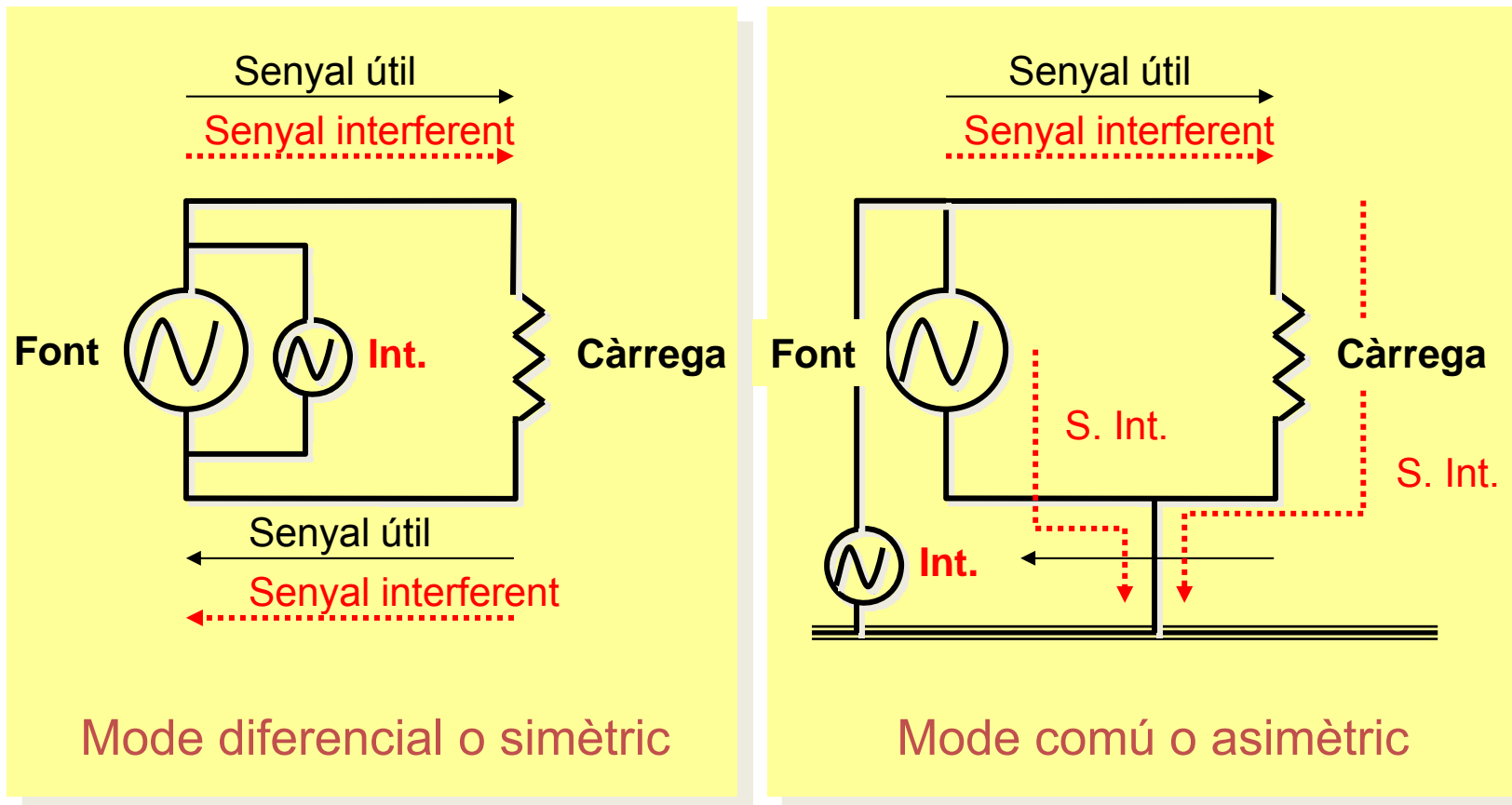
Acoblaments bàsicament **radiats**

Normativa per productes comercials fins 1GHz

Altres normatives a freqüència superior per TIC

Sistemes digitals, paràsits, equips de comunicacions,
sistemes de commutació ràpids, harmònics anteriors, etc.

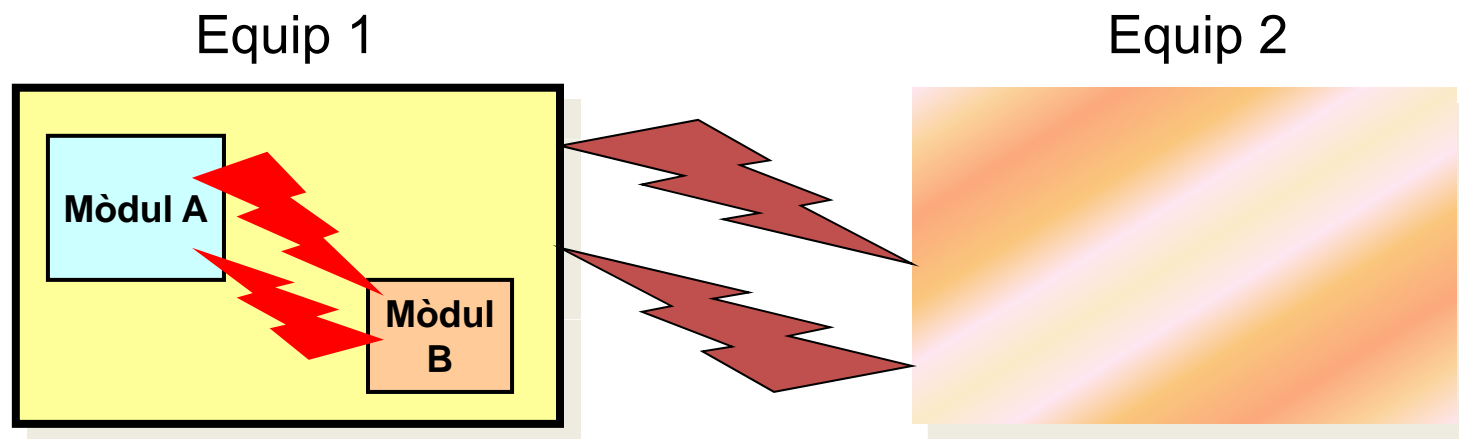
Propagació o captació d'una interferència



Propagació o captació d'una interferència

Interferència **Intra - equip**

Interferència **Inter - equips**

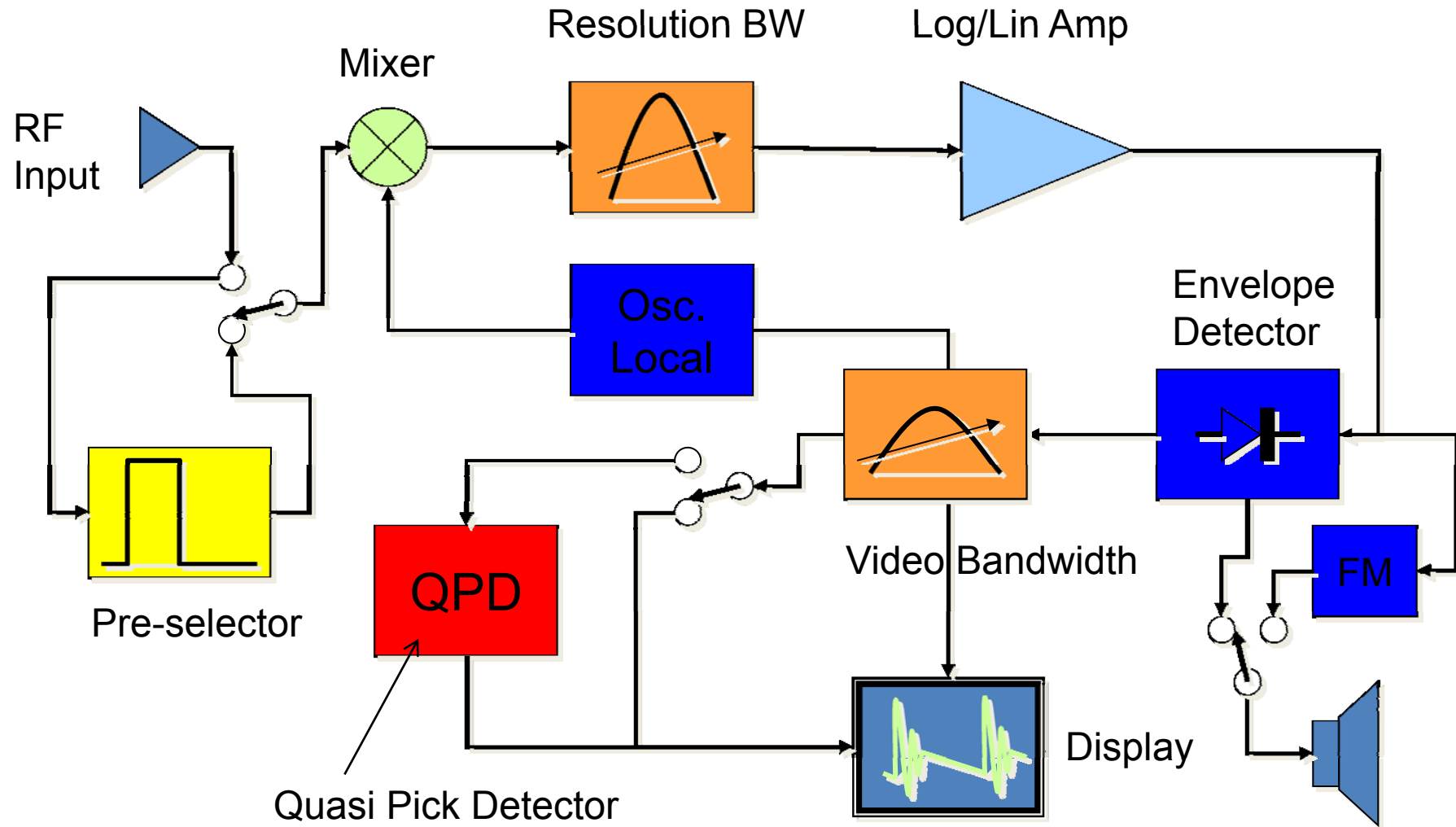


El receptor EMI és l'eina bàsica de l'enginyer d'EMC

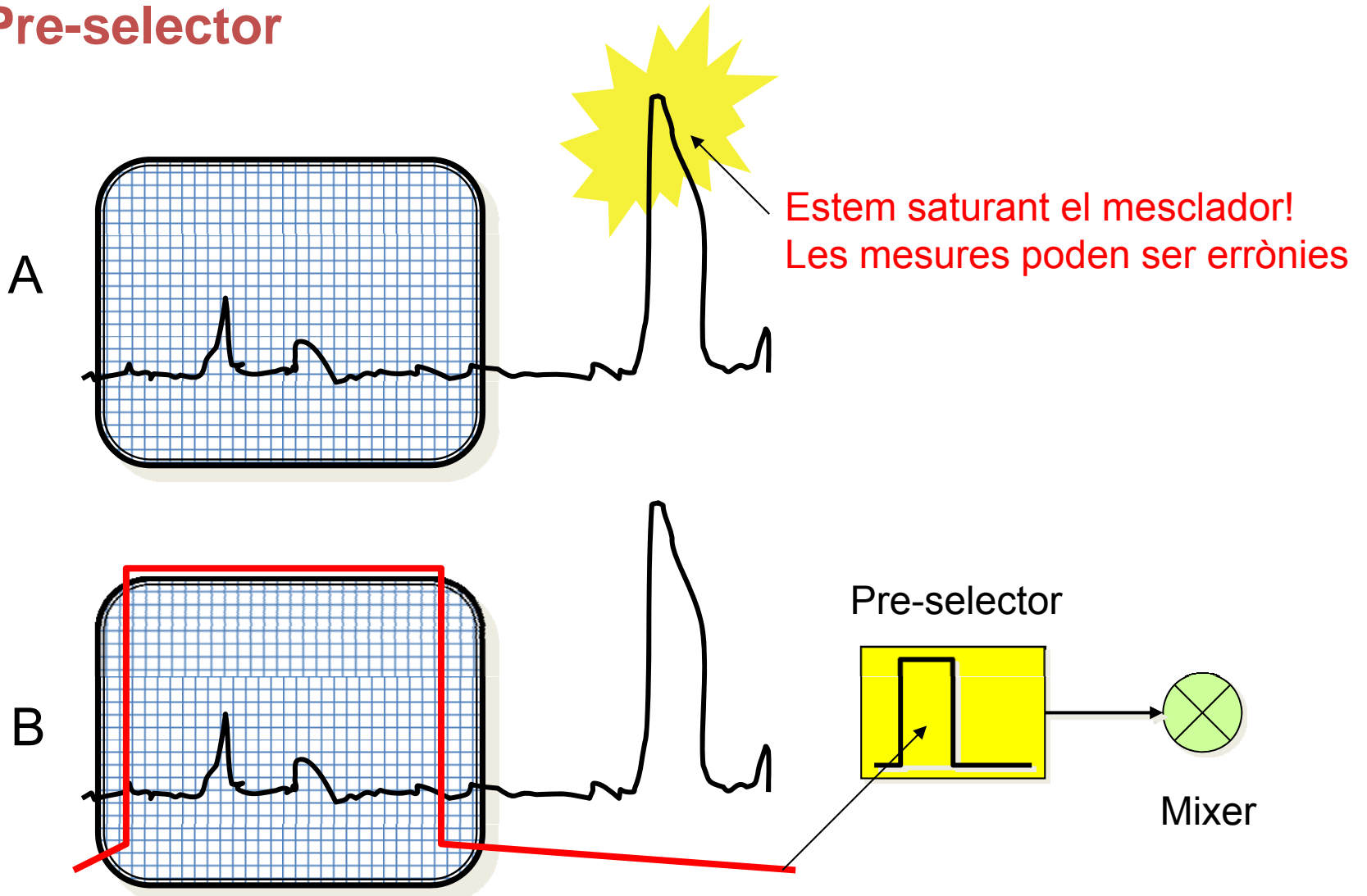


Font: Rohde & Schwarz

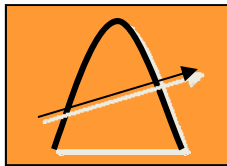
Diagrama de blocs simplificat



El Pre-selector



El Resolution Banwidth

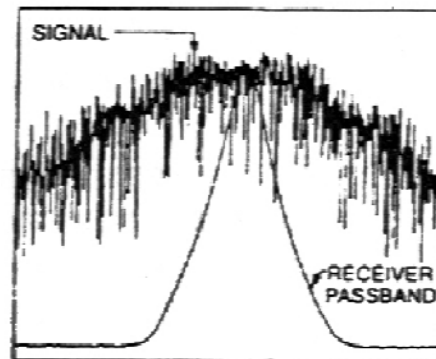


Amplés de banda de mesura per productes comercials

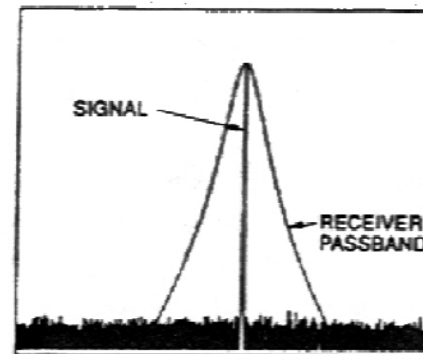
9KHz a 150KHz
150KHz a 30MHz
30MHz a 1GHz

200 Hz
9 KHz
120KHz
(amples a 6dB)

Banda ampla i banda estreta



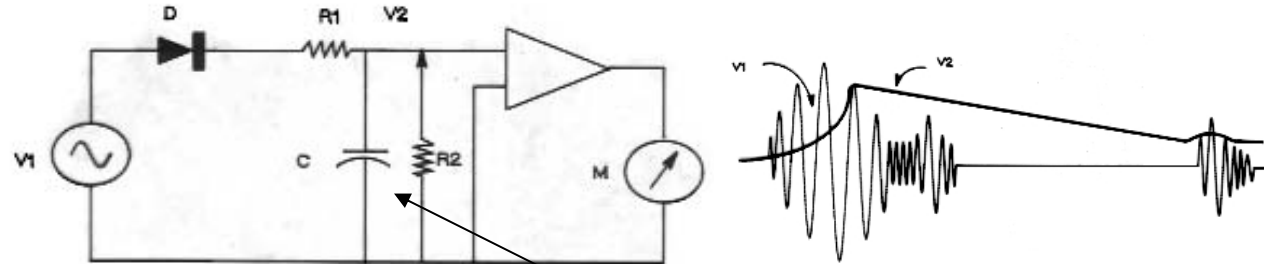
BROADBAND SPECTRUM



NARROWBAND SPECTRUM

El detector de Quasi - pic

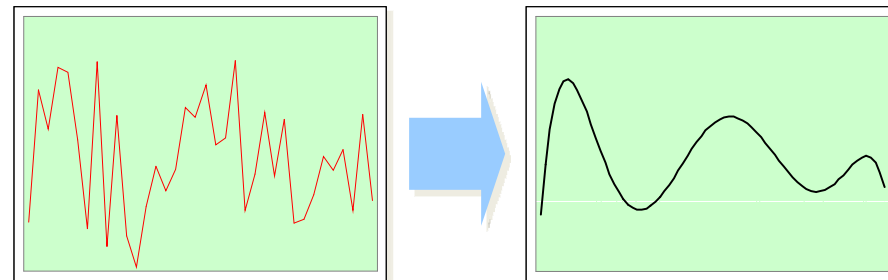
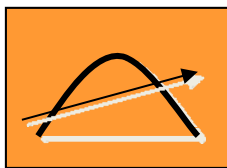
QPD



Detector de pic més integrador
Normalitzat pel CISPR
Serveix per avaluar 'energia' del senyal

0.5 Hz Low pass filter

El filtre de vídeo



Treballa només sobre el senyal a representar en pantalla
Pot ajudar a eliminar gràficament efectes no desitjats
Ens pot portar a engany en la mesura

Fi del capítol 1:

*Introducció a la
Compatibilitat Electromagnètica*

Següent Capítol:

Components Passius