



Seminario

Normative EMC per sistemi elettronici

a cura di
Matilde Tatini

Power-One Italy S.p.a.

Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni
Università di Firenze



Sommario

- ❖ **Un po' di storia**
- ❖ **Interferenze elettromagnetiche**
- ❖ **EMI e sistemi elettronici**
- ❖ **Emettitore, suscettore e percorso di accoppiamento**
- ❖ **Conduzione e irradiazione**
- ❖ **Emissione e suscettibilità**
- ❖ **EMC e unità di misura**
- ❖ **Requisiti EMC per sistemi elettronici**
- ❖ **Requisiti EMC imposti dallo Stato**
 - ◆ **CFR, Title 47, Part 15** (USA, uso commerciale)
 - ◆ **CISPR 22** (Normative internazionali non USA, uso commerciale)
 - ◆ **Direttiva 89/336/EEC** (EEA, uso commerciale)
 - ◆ **MIL-STD-461E:1999** (USA, uso militare)



Un po'di storia

La **compatibilità elettromagnetica** si occupa di rendere possibile la **coesistenza di diversi apparati elettrici, elettronici o elettromeccanici in un ambiente elettromagnetico condiviso**.

Il problema della coesistenza nasce con i primi sistemi di telecomunicazione negli anni '20 del secolo scorso.

Da allora i problemi di coesistenza sono diventati molto più seri a causa del diffondersi delle tecnologie elettriche/elettroniche/elettromagnetiche.

Operativamente si devono stabilire delle convenzioni:

- Per *ambiente elettromagnetico condiviso* si intendono i livelli di emissione accettati e i livelli di immunità che un apparato deve garantire
- E' indispensabile definire delle procedure per le misure di emissione o immunità di un apparato

In quest'ottica e considerando che il degrado delle prestazioni di un'apparecchiatura può comportare un inaccettabile danno a persone e cose, **in Europa** alla fine degli anni '80 sono state studiate delle **norme** atte

- all'imposizione di vincoli sull'emissione ed immunità ai disturbi delle apparecchiature elettroniche
- alla standardizzazione dei metodi di misura della compatibilità elettromagnetica

al fine di favorire il libero scambio di dispositivi elettronici che garantiscano i requisiti indispensabili al corretto funzionamento.



Interferenze elettromagnetiche

Si dice **interferenza elettromagnetica** (*Electromagnetic Interference*, EMI) la condizione per cui esistono tensioni o correnti spurie che influenzano negativamente le prestazioni di un sistema o di un dispositivo.

Sono numerose le sorgenti di emissioni elettromagnetiche di livello tale da causare interferenze con i sistemi elettronici:

- Tra le sorgenti ad ampio spettro, fulmini, relé, motori in corrente continua, luci fluorescenti etc.
- Tra le sorgenti a spettro stretto, le linee di trasmissione dell'energia elettrica, che generano emissioni elettromagnetiche alla frequenza di rete (50 Hz in Europa, 60 Hz in America) e alle sue armoniche





Interferenze elettromagnetiche

- Le emittenti radio, che trasmettono le proprie informazioni codificandole su una frequenza portante (trasmissione AM o FM)
- I trasmettitori degli impianti radar. Il contenuto spettrale degli impulsi radar è distribuito su una banda di frequenze di ampiezza anche maggiore rispetto a quella delle trasmissioni radio.
- Dispositivi elettronici digitali in generale e in particolare computer. Tali dispositivi digitali utilizzano forme d'onda impulsive di tensione per rappresentare i numeri binari. Il tempo di transizione tra i due possibili livelli di un segnale digitale è il più importante fattore di determinazione del contenuto spettrale del segnale, infatti quanto più breve è tale tempo di transizione, tanto più ampio è lo spettro di frequenza occupato dal segnale in questione.





- **Problemi in ambienti ospedalieri**

Su un'ambulanza un defibrillatore pacemaker esterno improvvisamente cessa di stimolare il cuore del paziente quando uno dei soccorritori inizia ad utilizzare una ricetrasmittente in prossimità del paziente stesso (marzo 1991).

Un segnale RF dovuto a ricetrasmittenti provoca l'attivazione immotivata di segnali di allarme in un ventilatore polmonare (tale malfunzionamento è stato in seguito evidenziato riproducendo volontariamente l'interferenza) (luglio 1992).

Un pacemaker esterno inizia a funzionare erroneamente quando il trasmettitore di un monitor facente parte di un sistema di telemetria è avvicinato ai conduttori di collegamento del pacemaker (luglio 1992).

In un paziente con monitoraggio elettrocardiografico con sistema di telemetria, i medici riscontrando un'anomalia nel tracciato, decidono di impiantare un pacemaker, ma anche in seguito all'intervento il tracciato elettrocardiografico risulta invariato. Si è verificato poi che l'anomalia del tracciato era in realtà dovuta alla presenza di una TV posta in prossimità del paziente (marzo 1993).



- **Problemi in ambienti militari**

1967 - Vietnam. 134 marinai muoiono a bordo di una portaerei americana. Un missile viene lanciato da un aereo sul ponte della nave a causa probabilmente della tensione indotta su un contatto schermato dagli intensi campi elettromagnetici generati dai radar di bordo.

1982 - Guerra delle Falkland. Un cacciatorpediniere inglese viene affondato per aver spento il sistema di rilevamento antimissile, a causa dell'interferenza tra il sistema di rilevamento antimissile e il sistema radio di comunicazione.

1982 - 1988. Molti incidenti degli elicotteri da attacco americani Black Hawk sono causati dalla suscettibilità del sistema di controllo di volo in prossimità di trasmettitori radar o radio.



Un **sistema elettrico o elettronico** è detto **elettromagneticamente compatibile** se:

- Non causa interferenza con altri sistemi
- E' *non suscettibile (immune)* alle emissioni di altri sistemi

Nota: Dualmente si dice che un sistema *suscettibile* è *non immune*.

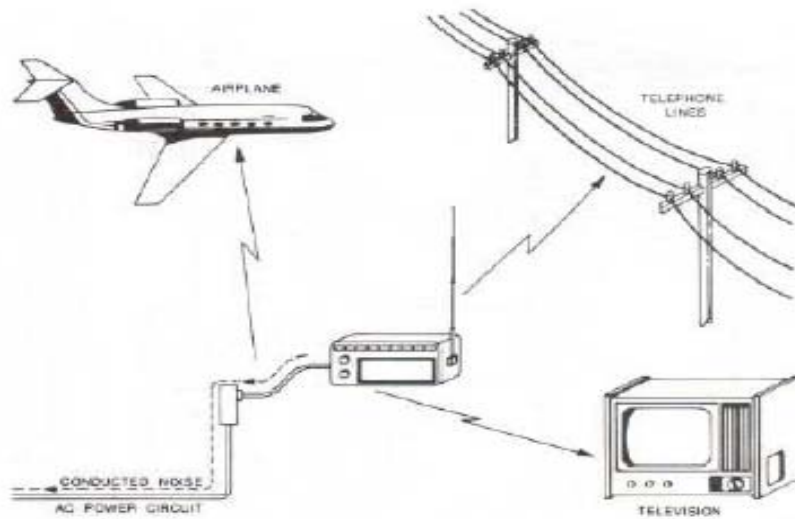
- Non causa interferenza con se stesso (*crosstalk*).

La **ricezione non intenzionale di energia elettromagnetica** genera **interferenza** se e solo se

- l'energia ricevuta è sufficientemente elevata (ciò può dipendere dalla distanza fra sorgente e ricevitore)
- e/o
- il contenuto spettrale del segnale interferente in ingresso al ricevitore è tale da causare un funzionamento indesiderato del ricevitore stesso.

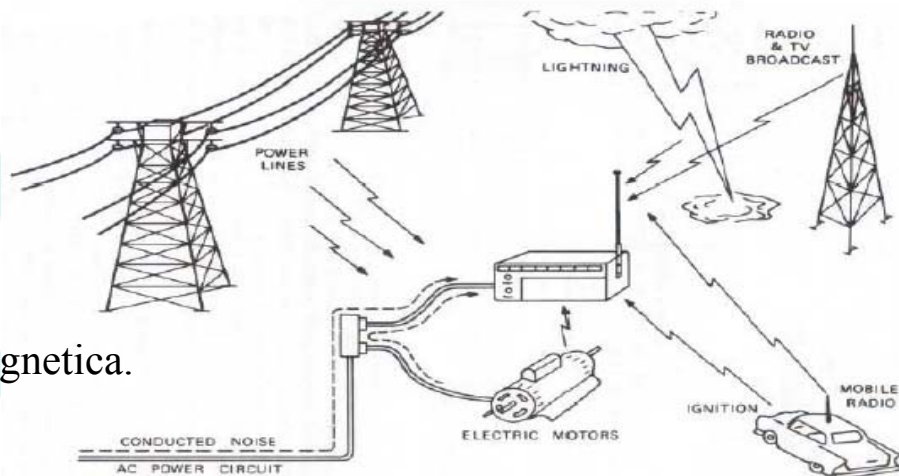


Emettitore, suscettore e percorso di accoppiamento



Emettitore:
sorgente di energia elettromagnetica.

Suscettore:
dispositivo sensibile all' energia elettromagnetica.





Emettitore, suscettore e percorso di accoppiamento



Per **prevenire l'interferenza** si può quindi:

- **Ridurre le emissioni della sorgente**

- ☐ Il modo più semplice è quello di ridurre l'intensità dei segnali che danno origine all'emissione. Non sempre però ciò è possibile, pena il malfunzionamento del dispositivo.
- ☐ E' possibile ridurre il livello di emissione dei dispositivi digitali regolando i tempi di transizione dei segnali digitali. Aumentando tali tempi infatti si riduce lo spettro dei segnali, ma anche in tal caso il corretto funzionamento dei dispositivi impone dei limiti al rallentamento dei tempi di transizione.



Emettitore, suscettore e percorso di accoppiamento



- **Rendere il percorso di trasmissione meno efficiente**

- ☐ Si potrebbe sistemare il ricevitore in un contenitore metallico, ma tale soluzione risulta spesso costosa e poco efficiente.
- ☐ Si possono sistemare filtri lungo il percorso di accoppiamento.
- ☐ L'efficienza del fenomeno di accoppiamento è generalmente tanto minore quanto minore è la frequenza del segnale che subisce l'accoppiamento stesso. In tal senso sarebbe vantaggioso ridurre il più possibile i tempi di transizione dei segnali nei dispositivi digitali.

- **Rendere il ricevitore meno suscettibile alle emissioni**

- ☐ Così facendo, si può rischiare di compromettere la funzionalità del dispositivo.
- ☐ Nei dispositivi digitali si possono usare codici a rivelazione e correzione d'errore (cioè i dati vengono codificati in modo che eventuali interferenze vengano individuate e eliminate).



Conduzione e irradiazione



Si distinguono due modalità di *trasmissione di un disturbo*:

- **Conduzione**: avviene attraverso conduttori e elementi a costanti concentrate (condensatori, trasformatori).
- **Irradiazione**: avviene attraverso la propagazione nello spazio libero. Quando i sistemi sono vicini occorre considerare le condizioni di campo vicino.



Conduzione e irradiazione

Un **sistema elettronico** è generalmente costituito da uno o più **sottosistemi**, che possono comunicare fra loro mediante cavi.

Un modo per fornire potenza al sistema può essere quello di collegarlo mediante un **cavo di alimentazione** alla rete di distribuzione dell'energia.

Possono poi essere presenti nel sistema **cavi di interconnessione** necessari per collegare fra di loro le varie parti del sistema.

Tali cavi sono potenzialmente in grado di emettere e/o captare energia elettromagnetica in modo piuttosto efficiente (infatti tipicamente un cavo può essere lungo 1 m o più). Le interferenze possono inoltre diffondersi per propagazione diretta lungo i cavi.

Spesso i sottosistemi sono racchiusi da **schermi metallici** (quindi conduttori): su tali schermi, sia a causa dei segnali interni che di quelli esterni al sistema, si generano delle correnti (*correnti indotte*) che possono irradiare all'interno e all'esterno del sistema.

Ultimamente, soprattutto nei sistemi a basso costo, sono comunemente usati schermi di plastica (quindi non conduttori): in tal caso i circuiti elettronici del sistema possono irradiare e essere soggetti a interferenze.



Emissione e suscettibilità



- Le caratteristiche di un *emettitore* possono essere definite in termini di **emissione condotta** (*Conducted Emission*, **CE**) ed **emissione radiata** (*Radiated Emission*, **RE**).
 - ❑ Le *emissioni condotte* sono le correnti che passano attraverso i cavi di ingresso e si distribuiscono nella rete elettrica che si comporta così come una grande antenna, causando interferenze con altri dispositivi.
 - ❑ Le *emissioni radiate* comprendono i campi elettrici e magnetici radiati dal dispositivo e che possono essere captate da altri dispositivi, causando ad essi interferenze.
- Le caratteristiche di un *suscettore* possono essere definite in termini di **suscettibilità condotta** (*Conducted Susceptibility*, **CS**) e **suscettibilità radiata** (*Radiated Susceptibility*, **RS**) (dualmente si parla di *immunità condotta* e *immunità radiata*).



EMC e unità di misura

Le misure di *emissione condotta* e *suscettibilità condotta* sono effettuate in termini di *tensioni* e *correnti* le cui unità di misura sono:

- Volt [V]
- Ampere [A]

Le misure di *emissione radiata* e *suscettibilità radiata* vengono espresse in termini di *campi elettrici* e *induzioni magnetiche*:

- V/m, dBV/m, dB μ V/m
- Tesla (T), dBpT

Associate a tali misure vi sono *potenza* e *densità di potenza*:

- Watt [W]
- Watt al metro quadro [W/m²]

Il range di variazione di queste quantità è notevole.

Il campo elettrico, per esempio, può variare tra 1 μ V/m e 200 V/m.

Questa dinamica si presta male ad una rappresentazione lineare. Risulta preferibile una *rappresentazione logaritmica* che comprime la dinamica.

Rapporto	V o I [dB]	P [dB]
10 ⁶	120	60
10 ⁵	100	50
10 ⁴	80	40
10 ³	60	30
10 ²	40	20
10	20	10
9	19.08	9.54
8	18.06	9.03
7	16.9	8.45
6	15.56	7.78
5	13.98	6.99
4	12.04	6.02
3	9.54	4.77
2	6.02	3.01
1	0	0
10 ⁻¹	-20	-10
10 ⁻²	-40	-20
10 ⁻³	-60	-30



Requisiti EMC per sistemi elettronici

Requisiti EMC imposti dallo Stato

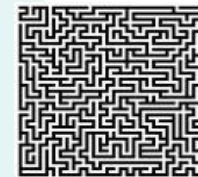
- Imprescindibili perché siamo in presenza di un “mercato globale”
- Devono essere rispettati per commercializzare il prodotto in un certo Paese
- Vengono continuamente aggiornati (e quindi in molte aziende elettroniche c'è un guru della regolamentazione EMC)
- Non garantiscono che il prodotto non causi interferenze EMC, servono fundamentalmente per controllare il grado di “inquinamento elettromagnetico” generato dal prodotto
- In ciascun Paese sono suddivisi in base all'uso: **uso commerciale** o **uso militare**

Rispetto ai prodotti ad uso commerciale, **per i prodotti ad uso militare:**

- ☐ L'ambiente elettromagnetico in cui devono operare è più severo
- ☐ I limiti per le emissioni sono più restrittivi, in quanto eventuali interferenze sono critiche per il funzionamento del sistema in cui il dispositivo è introdotto
- ☐ Il controllo della suscettibilità è fondamentale, per la presenza di emettitori elettromagnetici

Requisiti EMC imposti dal produttore del sistema elettronico

- Mirano a soddisfare il cliente
- Servono a garantire la qualità e l'affidabilità del sistema





Requisiti EMC imposti dallo Stato

Requisiti EMC imposti dallo Stato

per uso commerciale

- **USA**
CFR, Title 47, Part 15 *(per emissioni condotte e radiate)*
- **Normative internazionali, non USA**
 - ☐ **CISPR 22** *(per emissioni condotte e radiate)*
 - ☐ **Serie IEC 61000** *(per immunità condotte e radiate)*
- **EEA**
 - ☐ **Direttiva 89/336/EEC**
 - **EN 55022** *(per emissioni condotte e radiate)*
 - **EN 61000-4-XXX** *(per immunità condotte e radiate)*



per uso militare

- **USA**
MIL-STD-461E:1999 *(per emissioni e immunità, condotte e radiate)*





Requisiti EMC imposti dallo Stato

Altre normative internazionali

Canada

Il regolamento di riferimento è chiamato *Radiocommunication Regulations* e la conformità è obbligatoria per i prodotti coperti dalle norme **ICES** (*Interference-Causing Equipment Standards*). In generale, *le norme ICES sono molto simili alle norme FCC* in termini di campo di applicazione e requisiti.

Australia

L'*Australian Communication and Media Authority (ACMA)* è l'organismo responsabile per la regolamentazione della compatibilità elettromagnetica. *La valutazione EMC, relativa solo alle emissioni*, è obbligatoria e la conformità alle norme è dimostrata dal marchio **C-tick** e **A-tick**, quest'ultimo specifico per i prodotti di telecomunicazione. *Le norme australiane fanno riferimento alle norme europee EN e internazionali CISPR.*





Requisiti EMC imposti dallo Stato

Altre normative internazionali

Taiwan

Il *Bureau of Standards, Metrology and Inspection* (**BSMI**) propone due programmi alternativi per la certificazione dei prodotti: **CNS** (*Chinese National Standards*) Mark Certification, che si basa su standard cinesi; **VPC** (*Voluntary Product Certification*), che si basa su standard internazionali. All'interno di questi programmi, una parte è dedicata alla valutazione della compatibilità elettromagnetica, laddove si chiede obbligatoriamente la conformità agli standard CNS (basati, ma non necessariamente identici, sugli standard internazionali), relativamente alle emissioni.



Giappone

La valutazione della compatibilità elettromagnetica in Giappone non è obbligatoria. Il *Voluntary Control Council for Interference* (**VCCI**), ha infatti emesso le “*Regulations for Voluntary Control Measures*”. Il campo di applicazione è limitato alle apparecchiature informatiche e assimilate (computer, monitor, tv, ecc.) che vengono classificate in classe A e B a seconda che siano ad uso rispettivamente non domestico e domestico. Il simbolo VCCI che dimostra la conformità è applicato solo alle apparecchiature di classe B.





CFR, Title 47, Part 15

CFR: Code of Federal Regulations
Title 47: Telecommunication
Part 15: Radio Frequency Devices
Regulatory Entity: Federal Communications Commission (**FCC**)

Web Site: <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>

Scopo di CFR, Title 47, Part 15:

controllare le interferenze da **dispositivi a radiofrequenza**.

Essenzialmente fissa i limiti nelle **emissioni condotte e emissioni radiate** di un **dispositivo digitale**.

In USA:

- E' illegale commercializzare un dispositivo digitale se le sue emissioni condotte e radiate non sono state misurate o eccedono i limiti imposti dalla normativa.
- Multe e/o incarcerazione possono essere imposte in caso di violazione intenzionale della normativa.
- Può essere imposto di ritirare il prodotto dal mercato se alcune unità, che vengono prelevate con modalità random e sottoposte a test dalla FCC, eccedono i limiti imposti dalla normativa. Non è quindi sufficiente realizzare un solo campione conforme alla normativa!



Radiofrequenze (FCC): da 9 kHz a 3000 GHz.

Dispositivo a radiofrequenza (FCC): dispositivo in grado di emettere radiofrequenze mediante radiazione, conduzione o in altro modo, intenzionalmente o no.

Es.: Computer, macchine da scrivere elettroniche.

CFR, Title 47, Part 15 comprende alcune *Sottoparti*:

- *Sottoparte A*: Requisiti Generali
- *Sottoparte B*: Radiatori non intenzionali (Es.: Dispositivi digitali)
- *Sottoparte C*: Radiatori intenzionali (Es.: Radiotrasmettitori)

Dispositivo digitale (FCC): Radiatore non intenzionale (dispositivo o sistema) che genera e impiega impulsi di clock a frequenza maggiore di 9kHz e adotta tecniche digitali.

Es.: Macchine da scrivere elettroniche

Calcolatori

Terminali di vendita

Stampanti

Modem

Personal computers



Classi per dispositivi digitali:

- **Classe A:** Dispositivi per uso in **ambiente commerciale, industriale e aziendale.**
- **Classe B:** Dispositivi per uso in **ambiente residenziale.**
Es. Personal computer e loro periferiche.

I limiti per la Classe B sono molto più stringenti di quelli per la Classe A, infatti le interferenze generate da un dispositivo in ambiente industriale possono essere corrette molto più velocemente che in ambiente residenziale, dove probabilmente l'emettitore e il suscettore sono situati in prossimità.

I dispositivi digitali in Classe B devono essere sottoposti a test di conformità dal produttore e i dati così ricavati devono essere inviati alla FCC per la certificazione. Per tutti gli altri dispositivi digitali, il produttore deve semplicemente sottoporre il dispositivo a test di conformità.



Range di frequenze per emissioni condotte: da 150 kHz a 30 MHz.

Le emissioni condotte sono misurate inserendo uno strumento detto **LISN** (*Line Impedance Stabilization Network*) nei cavi di ingresso.

I limiti per le emissioni condotte sono espressi in Volt, perché la LISN misura una tensione direttamente correlata alle correnti che costituiscono le emissioni condotte.

CFR, Title 47, Part 15, Sottoparte B (Radiatori non intenzionali), **limiti per emissioni condotte:**

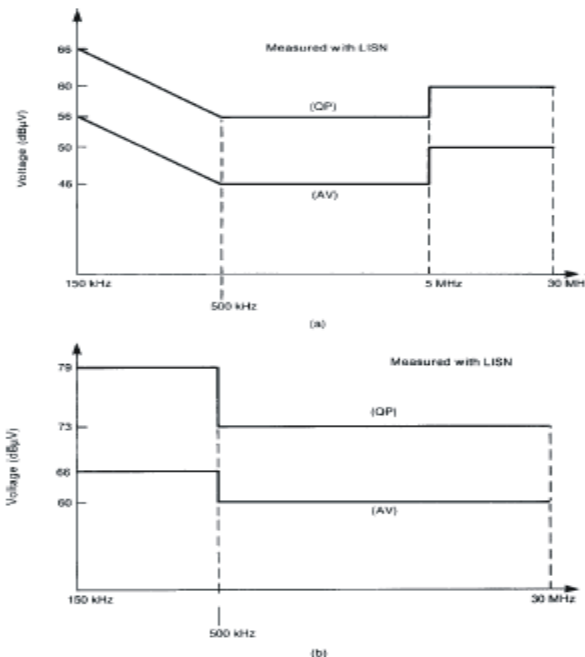


FIGURE 2.1 The FCC and CISPR 22 conducted emission limits: (a) Class B; (b) Class A.

TABLE 2.1 FCC and CISPR 22 Conducted Emission Limits for Class B Digital Devices

Frequency (MHz)	$\mu\text{V QP (AV)}$	$\text{dB}\mu\text{V QP (AV)}$
0.15	199.5 (631)	66 (56)
0.5	631 (199.5)	56 (46)
0.5–5	631 (199.5)	56 (46)
5–30	1000 (316)	60 (50)

TABLE 2.2 FCC and CISPR 22 Conducted Emission Limits for Class A Digital Devices

Frequency (MHz)	$\mu\text{V QP (AV)}$	$\text{dB}\mu\text{V QP (AV)}$
0.15–0.5	891.25 (1995)	79 (66)
0.5–30	4467 (1000)	73 (60)



Range di frequenze per emissioni radiate: da 30 MHz a 40 GHz.

Il *limite superiore di frequenza* alla quale effettuare misure dipende dalla più alta frequenza in uso nel dispositivo ed è determinato attraverso la seguente tabella:

TABLE 2.3 Upper Limit of Measurement Frequency

Highest Frequency Generated or Used in the Device or on Which the Device Operates or Tunes (MHz)	Upper Frequency of Measurement Range (MHz)
<1.705	30
1.705–108	1000
108–500	2000
500–1000	5000
>1000	5th harmonic of highest frequency or 40 GHz, whichever is lower

Es.: Nel caso di un personal computer che lavora alla frequenza di clock di 3GHz, occorre misurare le emissioni fino a 15GHz (quinta armonica).



Le emissioni radiate sono misurate rilevando i campi elettrici emessi dal dispositivo

- in una **camera semianecoica** (*SemiAnechoic Chamber*, **SAC**)
o
- in un **sito di prova in campo aperto** (*Open-Area Test Site*, **OATS**).

Le emissioni radiate devono essere rilevate con l'**antenna** preposta alla misura

- con *polarizzazione sia orizzontale che verticale* rispetto al piano di massa del sito di prova
- posizionata ad una *distanza di 1-4 m* dal piano di massa del sito di prova.

La **distanza fra l'antenna e il dispositivo** è

- **3 m** per la **Classe B**
- **10 m** per la **Classe A**.

Per raffrontare tali misure si può usare il **metodo dell'inverso della distanza**, secondo il quale si assume che le emissioni decrescano linearmente all'aumentare della distanza dall'antenna, con l'approssimazione che l'antenna sia situata in campo lontano rispetto al dispositivo (distanza maggiore di 3 lunghezze d'onda).

Devono essere registrati i **massimi di radiazione**.



I limiti per le emissioni radiate sono espressi in dBmV/m, in termini di campo elettrico radiato.

CFR, Title 47, Part 15, Sottoparte B (Radiatori non intenzionali), **limiti per emissioni radiate:**

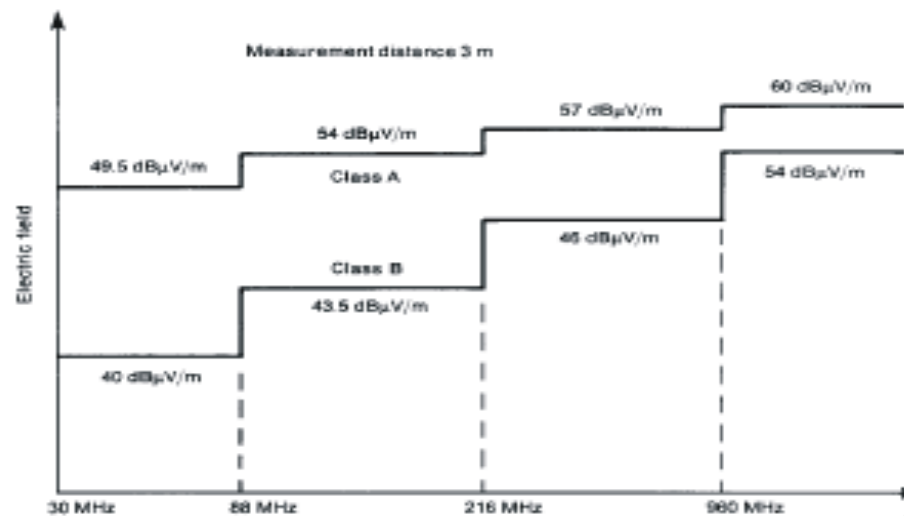


FIGURE 2.3 A comparison of the FCC Class A and FCC Class B radiated emission limits for a measurement distance of 3 m.

TABLE 2.5 FCC Emission Limits for Class A Digital Devices

Frequency (MHz)	Measured at 10 m	
	$\mu\text{V/m}$	$\text{dB}\mu\text{V/m}$
30-88	90	39
88-216	150	43.5
216-960	210	46.4
>960	300	49.5
>1 GHz	300 (AV)	49.5 (AV)
	3000 (PK)	69.5 (PK)

TABLE 2.4 FCC Emission Limits for Class B Digital Devices

Frequency (MHz)	Measured at 3 m	
	$\mu\text{V/m}$	$\text{dB}\mu\text{V/m}$
30-88	100	40
88-216	150	43.5
216-960	200	46
>960	500	54
>1 GHz	500 (AV)	54 (AV)
	5000 (PK)	74 (PK)

Si nota che i limiti per la Classe B sono di circa 10 dB più stringenti di quelli per la Classe A.



CISPR 22

CISPR è un comitato di IEC.

CISPR: Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques

IEC: International Electrotechnical Committee

Web Site: www.iec.ch

CISPR è stato fondato nel 1934 e si occupa dello *sviluppo di norme per individuare, misurare e comparare interferenze elettromagnetiche nei dispositivi elettrici.*

CISPR si divide in sei *sottocomitati*, ciascuno dei quali si occupa di un particolare aspetto:

- A: Misura di radio interferenze e metodi statistici applicati
- B: Misura di interferenze riguardanti apparecchiature industriali, scientifiche o mediche (ISM), apparecchiature per alte tensioni, linee elettriche o dispositivi di trazione
- D: Interferenze nei veicoli a motore (sia a combustione che elettrici)
- F: Interferenze negli elettrodomestici, giocattoli e sistemi d' illuminazione
- H: Limitazioni per la protezione delle radio frequenze
- I: Compatibilità elettromagnetica nella tecnologia dell'informazione (IT) (ad es. computer), dispositivi multimediali, hi-fi e apparecchiature radio.



*Gli standard CISPR non devono essere rispettati per legge, ma molti Paesi adottano le **raccomandazioni** CISPR.*

Per quanto riguarda le **pubblicazioni del CISPR**:

- Tali pubblicazioni sono essenzialmente norme riguardanti la misura di interferenze irradiate e condotte.
- Le norme si occupano anche di immunità da interferenze esterne.
- Specificano configurazioni dei sistemi di misura, lunghezze dei cavi e misure di grounding.



Finora sono stati pubblicati oltre trenta *standard CISPR*.

Fra gli standard CISPR più noti vi sono:

- CISPR 10 *Organization, Rules and Procedure of the CISPR. (1971)*
- CISPR 11 *Industrial, Scientific and Medical (ISM) Radio-Frequency Equipment -- Electromagnetic Disturbance Characteristics -- Limits and Methods of Measurement.*
- CISPR 12 *Vehicles, boats and internal combustion engine driven devices --Radio disturbance characteristics -- Limits and methods of measurement for the protection of receivers except those installed in the vehicle/boat/device itself or in adjacent vehicles/boats/devices.*
- CISPR 14 *Electromagnetic Compatibility -- Requirements for Household Appliance, Electric Tools, and Similar Apparatus: 1) Emissions, 2) Immunity.*
- CISPR 22 *Information Technology Equipment -- Radio Disturbance Characteristics -- Limits and Methods of Measurement.***
- CISPR 25 *Radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles, boats, and on devices - Limits and methods of measurement.*



CISPR 22 fissa i **limiti** per

- **emissioni condotte**
- **emissioni radiate**

di *Information Technology Equipment* (**ITE**), che sostanzialmente includono dispositivi digitali come intesi dalla FCC.

I limiti sono divisi in

- **Classe A**
- **Classe B**

e il loro significato è sostanzialmente quello delle analoghe definizioni FCC.



Direttiva 89/336/EEC

Web Site: http://ec.europa.eu/enterprise/electr_equipment/emc/

Nella EEA vige la Direttiva 89/336/EEC.

EEA include i 25 membri dell'**EU** (o **EC** o **EEC**) e anche tre membri della *European Free Trade Association* (Islanda, Norvegia e Liechtenstein).

<i>EEA</i>	European Economic Area
<i>EU</i>	European Union
<i>EC</i>	European Community
<i>EEC</i>	European Economic Community

FCC ha recentemente adattato i suoi limiti per le emissioni condotte a quelli della Direttiva.



Norme europee sulla compatibilità elettromagnetica

Nel 1985 l'Unione Europea ha posto le basi per l'abbattimento delle barriere doganali tra i Paesi membri dell'UE mediante l'accordo sul “*nuovo approccio alla standardizzazione e all'armonizzazione tecnica*” (**Risoluzione 85/C136/01/CEE**).

Il principio del nuovo approccio stabilisce che

- ✓ le Direttive emesse dall'UE debbano regolare le “caratteristiche essenziali” dei prodotti o servizi
- ✓ senza contenere i dettagli tecnici da soddisfare.

La definizione degli aspetti tecnici è demandata ad apposite norme definite dagli **enti di normazione**:

- ✓ **IEC** (International Electrotechnical Commission)
- ✓ **CISPR** (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques)
- ✓ **CENELEC** (European Committee for Electrotechnical Standardization)
- ✓ **CEN** (Comitato Europeo di Normalizzazione)
- ✓ **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute)
- ✓ **CEI** (Comitato Elettrotecnico Italiano).



In quest’ottica, il 3 maggio del 1989 il Consiglio dell’UE ha varato la **Direttiva 89/336/CEE** *per il riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relativamente alla compatibilità elettromagnetica*, con data di applicazione della medesima 1° gennaio 1992.

Le problematiche introdotte dalla Direttiva

- ✓ necessità di definire delle norme europee che consentano la verifica della conformità ai requisiti essenziali di emissione ed immunità espressi dalla Direttiva
 - ✓ necessità di creare dei laboratori di prova e verifica
- erano tali da spingere la commissione dell’UE a pubblicare una seconda **Direttiva 92/31/CEE** del 28 aprile 1992 che ne procrastinava l'applicazione, ammettendo l'immissione sul mercato fino al 31 dicembre 1995 di prodotti conformi alla regolamentazione nazionale in vigore al 30 giugno 1992.

La **Direttiva 2004/108/EC**, pubblicata il 31/12/2004, entrerà in vigore il 20/07/2007.



Cooperazione per lo sviluppo di norme europee EMC

*In ambito europeo l'attività normativa nel settore EMC è svolta dal **CENELEC** e, in particolare, il comitato tecnico **TC 110** è stato incaricato di sviluppare la normativa necessaria per attuare la Direttiva 89/336/EEC.*

Al fine di evitare la duplicazione del lavoro e velocizzare la produzione di documenti ed anche assicurare una coerenza tra le norme europee e quelle internazionali, nel 1991 è stato siglato tra IEC e CENELEC un accordo di cooperazione.

*L'**IEC** ha la responsabilità primaria per lo sviluppo di documenti normativi.*

*Questi documenti possono essere adottati dal CENELEC, con possibilità di introdurre delle modifiche se ritenuto necessario, attraverso una procedura di voto parallela e pubblicati come norme europee (**EN** – European Norm).*

*Questo accordo è reciproco e pertanto si applica in entrambe le direzioni; ovvero l'**IEC** può adottare le norme preparate dal CENELEC con la possibilità di introdurre delle variazioni.*

*Lo sviluppo di norme candidate a diventare armonizzate ai fini della Direttiva **per gli apparati e sistemi di telecomunicazioni e di radiocomunicazione** è demandato all'**ETSI**.*



Normative EMC in Italia

Le Direttive comunitarie non costituiscono un obbligo per i cittadini di ogni singolo Stato finché non vengono recepite ed inserite nella legislazione dei singoli Stati membri.

Tuttavia la Direttiva stabilisce che i singoli Stati hanno l'obbligo di recepire il contenuto delle direttive eliminando la legislazione eventualmente contrastante.

*Il **Decreto legislativo n. 476 del 4 dicembre 1992** ha recepito in Italia la Direttiva 89/336/EEC.*



Direttiva EMC

La Direttiva 89/336/EEC, elaborata dalla commissione DG III “affari industriali” della CEE, ha introdotto *per la prima volta* il concetto della *protezione dalle perturbazioni elettromagnetiche introdotte da altri apparati elettrici ed elettronici* non solo delle radiocomunicazioni ma anche delle apparecchiature, dei dispositivi e dei sistemi.

I livelli di immunità ed emissione sono definiti da apposite norme pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea.

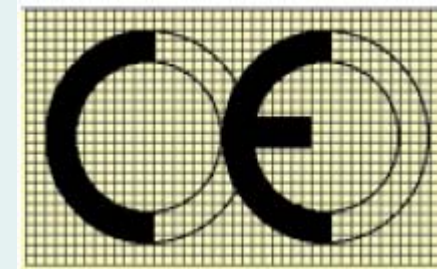


Marcatura CE

Dopo aver superato con esito positivo le prove previste dalla Direttiva e *prima* di immettere sul mercato un prodotto, è obbligatorio redigere una **dichiarazione di conformità CE**.

Per attestare che un prodotto soddisfa ai requisiti previsti dalla Direttiva e renderlo noto all’utente finale, viene apposta la **marcatura CE**, con caratteri di forma stabilita dalla Comunità Europea e di dimensione non inferiore ai 5 mm di altezza su

- apparecchio
e/o
- imballaggio
e/o
- istruzioni per l’uso
e/o
- tagliando di garanzia.



Il marchio CE indica conformità a *tutte* le Direttive applicabili all’apparecchio.



A quali apparati si applica la Direttiva?

La Direttiva si applica a tutti gli apparati impieganti componenti elettrici e/o elettronici potenzialmente in grado di disturbare altri apparati posti nello stesso ambiente elettromagnetico o di essere disturbati da perturbazioni elettromagnetiche.

Ad esempio:

- ✓ trasmettitori radio e televisivi
- ✓ ricevitori radio e televisivi
- ✓ apparecchiature radiomobili
- ✓ apparati della tecnologia dell'informazione
- ✓ apparecchiature elettroniche per scopi didattici
- ✓ apparecchiature elettromedicali
- ✓ macchine industriali
- ✓ elettrodomestici
- ✓ apparati per illuminazione
- ✓ lampade fluorescenti
- ✓ kit per montaggio “fai da te”



A quali apparati NON si applica la Direttiva?

Gli apparati a cui NON si applica la Direttiva sono, in generale, i prodotti ritenuti non in grado di emettere perturbazioni elettromagnetiche potenzialmente pericolose per altri apparati ed intrinsecamente immuni da perturbazioni elettromagnetiche.

Ad esempio:

- ✓ apparati radio utilizzati da radioamatori che non risultino disponibili sul mercato
- ✓ apparati coperti da apposite direttive (dispositivi militari, dispositivi medicali etc.)
- ✓ lampade ad incandescenza
- ✓ componenti elettrici e/o elettronici privi di una funzione intrinseca ai fini dell'utilizzatore finale.

Sono inoltre esclusi gli apparati destinati esclusivamente all'esportazione nei Paesi extraeuropei.

Si nota inoltre che la Direttiva *non* regola l'interazione tra apparati tecnici e ambiente biologico.



Esempi di esclusioni parziali previste dalla Direttiva:

- ✓ Strumenti di pesatura automatici
La Direttiva riguarda solo i requisiti di emissione.
I requisiti di immunità sono oggetto della direttiva 90/384/CEE e successivi emendamenti.
- ✓ Misuratori di energia elettrica
La Direttiva riguarda solo i requisiti di emissione.
I requisiti di immunità sono oggetto della direttiva 76/89/CEE e successivi emendamenti.
- ✓ Trattori agricoli e forestali
La Direttiva riguarda solo i requisiti di immunità.
I requisiti di emissione sono oggetto della direttiva 75/322/CEE e successivi emendamenti.
- ✓ Motori ad accensione comandata per veicoli e trattori
La Direttiva riguarda solo i requisiti di immunità.
I requisiti di emissione sono oggetto rispettivamente delle direttive 75/245/CEE e 75/322/CEE.



Sanzioni

E' vietato

- produrre
- commercializzare
- installare
- acquistare
- utilizzare

apparecchi privi della *marcatura CE*.

E' vietato apporre la *marcatura CE* o stilare una *dichiarazione di conformità CE* senza aver rispettato le procedure previste dalla Direttiva.

In ogni caso, i *produttori* devono rispondere ai requisiti di protezione della Direttiva.



Gli apparecchi sono soggetti a *sequestro* se:

- non conformi ai requisiti EMC definiti dalla Direttiva, ancorché immessi sul mercato con il corredo della dichiarazione di conformità CE
- immessi sul mercato senza la necessaria dichiarazione di conformità CE
- immessi sul mercato senza la marcatura CE
- provvisti di marcature che possano indurre in errore circa il significato e il simbolo grafico della marcatura CE.

A valle del sequestro sono anche previste sanzioni amministrative (decreto attuativo italiano).

Gli stessi apparecchi sono *confiscati* qualora, nei sei mesi successivi all'esecuzione di sequestro, non si sia preceduto alla loro regolarizzazione, ovvero al ritiro dal mercato dei medesimi (decreto attuativo italiano).



QUANDO si stabilisce la conformità alla Direttiva?

Gli apparati possono essere immessi sul mercato o in servizio solo se soddisfano i requisiti fissati dalla Direttiva.



Come si stabilisce la conformità alla Direttiva?

L'Articolo 10 della Direttiva definisce tre tipi di procedure per la verifica della conformità di un apparato ai requisiti della Direttiva stessa:

1. **Articolo 10, Comma 1**

Descrive la procedura nel caso di apparato per il quale il produttore applichi una *norma armonizzata*.

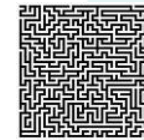
2. **Articolo 10, Comma 2**

Descrive la procedura nel caso il produttore per varie ragioni non applichi o applichi solo in parte una *norma armonizzata*; in tal caso deve essere coinvolto un *organismo competente*.

3. **Articolo 10, Comma 5**

Descrive la procedura da usare nel caso di apparati per radiocomunicazioni; in tal caso è necessario ottenere un *certificato CE di tipo* per tali apparecchi rilasciato da un *organismo notificato*.

- Norme armonizzate
- Autorità competenti
- Organismi competenti
- Organismi notificati





- **Norme armonizzate**
- Autorità competenti
- Organismi competenti
- Organismi notificati



Norme armonizzate

La Comunità Europea ha emanato molte Direttive. Per ogni Direttiva la Comunità Europea affida ad un'apposita commissione, composta da rappresentanti di tutti gli Stati membri, il compito di predisporre le norme applicative, che prendono il nome di *norme armonizzate*. In ogni norma armonizzata sono specificate le date di entrata in vigore in tutta la Comunità Europea e il periodo transitorio necessario per l'abrogazione delle norme nazionali in contrasto con essa.

A livello di Direttiva 89/336/EEC si fa riferimento alle norme armonizzate.

Tali norme possono essere classificate in *norme generiche* e *norme di prodotto* e fanno riferimento alle norme di base, nelle quali sono descritte le modalità di esecuzione delle prove.

Tali norme sono pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea e di almeno un Paese membro.



- Norme armonizzate
- **Autorità competenti**
- Organismi competenti
- Organismi notificati



Autorità competenti

Hanno il compito di controllare gli apparecchi messi in commercio per verificarne la rispondenza ai requisiti della Direttiva.

In Italia le *autorità competenti* sono:

- **Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni**
 - ☐ Per gli apparecchi di telecomunicazione
 - ☐ Per tutti gli altri apparecchi, limitatamente alla protezione delle radiocomunicazioni da disturbi eventualmente causati nel loro funzionamento
- **Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato**
 - ☐ Per i rimanenti apparecchi



- Norme armonizzate
- Autorità competenti
- **Organismi competenti**
- Organismi notificati



Organismi competenti

Sono responsabili del rilascio delle relazioni tecniche o certificati, come indicato all'Articolo 10.2 della Direttiva.

Un organismo è considerato competente se soddisfa i criteri riportati nell'Allegato II della Direttiva.

Il laboratorio di un produttore può essere riconosciuto organismo competente se soddisfa tali criteri e se può garantire la sua indipendenza e la sua neutralità dai processi di progettazione e produzione.

In Italia l'*Ispettorato Generale delle Telecomunicazioni (IGT)* e il *Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato* hanno la responsabilità del riconoscimento degli organismi competenti

Esempi di *organismi competenti in Italia*:

- **CESI** (*Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano*)
- **IMQ** (*Istituto Italiano del Marchio di Qualità*)
- **IEN** (*Istituto Elettrotecnico Galileo Ferraris*)



- Norme armonizzate
- Autorità competenti
- Organismi competenti
- **Organismi notificati**



Organismi notificati

Secondo quanto è indicato all'Articolo 10.5 della Direttiva, l'organismo notificato è abilitato, dalle autorità competenti di uno Stato membro, a rilasciare per gli apparecchi radiotrasmittenti l'**attestato di esame CE di tipo**, cioè un documento in cui si attesta che il tipo di apparecchio esaminato è conforme a quanto previsto dalla Direttiva.

Uno Stato membro che non ha un organismo tecnicamente competente sotto la sua giurisdizione da notificare alla Commissione e agli altri Stati membri non è tenuto a crearne uno.

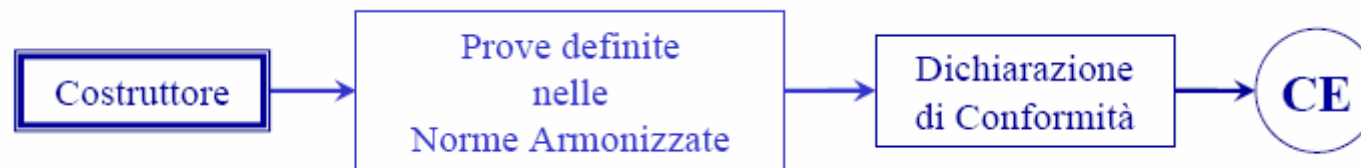
Un produttore deve sempre scegliere un organismo che è stato notificato da uno degli Stati membri all'interno della Comunità Europea.

In Italia l'organismo notificato è l'*Ispettorato Generale delle Telecomunicazioni (IGT)*.



Articolo 10, Comma 1

Procedura nel caso di apparato per il quale il produttore applichi una *norma armonizzata*.



- In tal caso il produttore (o il suo mandatario) applica la norma armonizzata appropriata senza far ricorso a una parte terza. La condizione per far ciò è quella di disporre delle attrezzature e del necessario know-how per applicare correttamente la norma armonizzata selezionata.
- Se non si dispone delle necessarie attrezzature ed esperienza, conviene rivolgersi ad un laboratorio di prova.
- Il produttore deve quindi redigere una dichiarazione di conformità CE, corredata dagli eventuali rapporti di prova.
- Il produttore appone sul prodotto il marchio CE.
- Il responsabile dell'immissione sul mercato deve conservare tale documentazione a disposizione delle *autorità competenti* dal momento dell'immissione sul mercato del primo esemplare fino allo scadere di 10 anni dall'immissione sul mercato dell'ultimo esemplare.



Articolo 10, Comma 2

Procedura nel caso il produttore per varie ragioni non applichi o applichi solo in parte una *norma armonizzata*; in tal caso deve essere coinvolto un *organismo competente*.



- E' la procedura da seguire qualora per il prodotto le norme armonizzate non siano disponibili o il produttore scelga di non seguire quelle disponibili.
- In tal caso il produttore (o il mandatario) dovrà tenere a disposizione delle autorità una documentazione tecnica di costruzione (o *fascicolo tecnico*) che includa una relazione tecnica o un certificato rilasciato da un organismo competente in ambito europeo.
- Il produttore redige la dichiarazione di conformità CE e appone sul prodotto il marchio CE.
- Il fascicolo tecnico e la dichiarazione di conformità CE devono essere tenute a disposizione delle *autorità competenti* per 10 anni dopo che l'ultimo esemplare del prodotto è stato posto sul mercato o in servizio.



Articolo 10, Comma 5

Procedura da usare nel caso di apparati per radiocomunicazioni; in tal caso è necessario ottenere un certificato CE di tipo per tali apparecchi rilasciato da un *organismo notificato*.



- Il produttore (o il suo mandatario) deve chiedere a un organismo notificato in ambito UE un certificato CE di tipo per tali apparati. Per ottenere tale certificato il produttore presenta all'organismo notificato un rapporto di prova, emesso da un laboratorio accreditato, che dimostra l'applicazione di norme armonizzate.
- Con il certificato CE di tipo il costruttore può compilare la dichiarazione di conformità CE ed apporre il marchio CE.
- La documentazione deve essere tenuta a disposizione delle *autorità competenti* per 10 anni dopo che l'ultimo esemplare del prodotto è stato posto sul mercato o in servizio.
- Per gli apparati radiotrasmittenti non è ammessa l'autocertificazione mediante la redazione della documentazione tecnica di costruzione.



Procedure di verifica Conformità alla Direttiva EMC



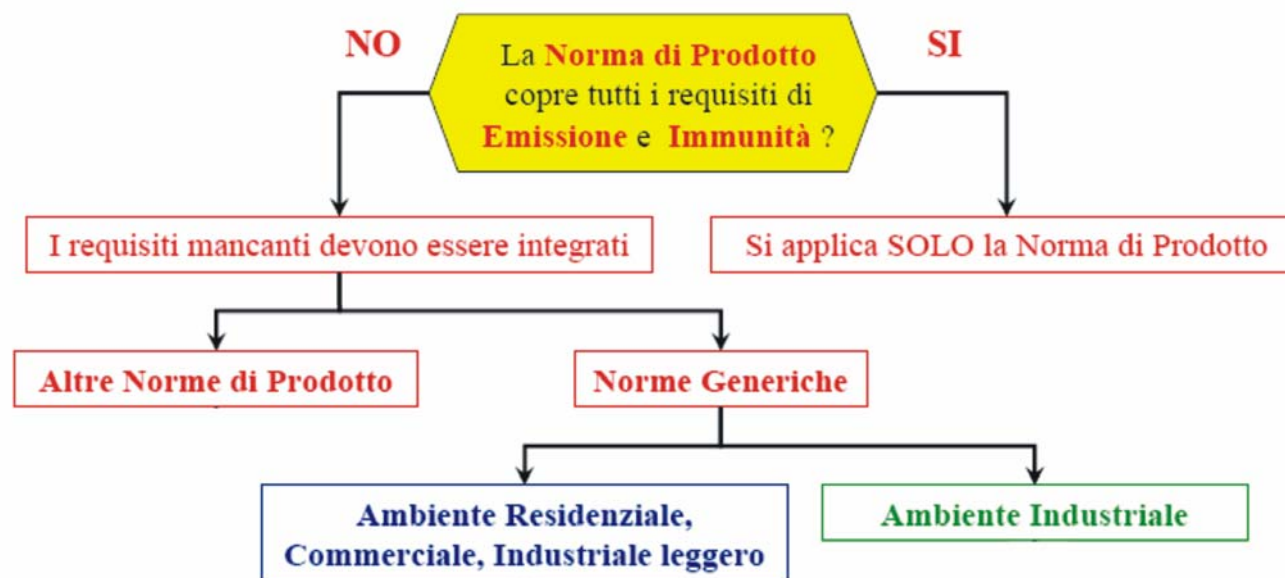


Norme EMC

Le norme prodotte dai vari organismi di standardizzazione possono essere classificate in

- **Norme di base**
- **Norme generiche**
- **Norme di prodotto**

A livello di Direttiva si fa riferimento alle cosiddette **norme armonizzate**, che sono norme generiche o di prodotto pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea e di almeno un Paese membro.





- **Norme di base**
- Norme generiche
- Norme di prodotto



Norme di base

- Sostanzialmente sono costituite da pubblicazioni IEC
- Definiscono le caratteristiche dei disturbi elettromagnetici
- Fissano i livelli medi dei disturbi elettromagnetici nei vari ambienti
- Guidano alla mitigazione dei disturbi elettromagnetici
- Descrivono i limiti e le procedure di prove per l'*emissione*
- Raccomandano i livelli e descrivono le procedure di prove per l'*immunità*
- Non fanno riferimento al tipo di apparato in prova
- Non fissano limiti né criteri di valutazione delle prestazioni dell'apparato in prova
- Per la dichiarazione di conformità CE, devono essere richiamate dalle norme generiche o dalle norme di prodotto.



- **Norme di base**
- Norme generiche
- Norme di prodotto



Disturbi elettromagnetici

Per dare sistematicità al lavoro per la produzione di norme, l'IEC ha classificato i disturbi elettromagnetici come segue:

- **Disturbi condotti a bassa frequenza**
 - ☐ armoniche
 - ☐ fluttuazioni di tensione
 - ☐ interruzioni di tensione
 - ☐ variazioni di frequenza di alimentazione
 - ☐ induzione di tensioni a bassa frequenza
- **Disturbi irradiati a bassa frequenza**
 - ☐ campi magnetici (continui o persistenti)
 - ☐ campi elettrici (continui o persistenti)
- **Disturbi condotti ad alta frequenza**
 - ☐ tensioni o correnti indotte
 - ☐ transitori unidirezionali (fulminazioni o surges)
 - ☐ transitori ad alto contenuto spettrale (burst)
- **Disturbi irradiati ad alta frequenza** (campi elettrici e magnetici)
- **Scariche elettrostatiche** (ESD)



- **Norme di base**
- Norme generiche
- Norme di prodotto



Configurazione dell'apparato durante le prove

- Durante le prove di EMC l'apparato deve essere configurato possibilmente in modo simile al suo tipico utilizzo.
- La configurazione dell'apparato e la disposizione dei cavi deve essere tale da massimizzare la suscettibilità e l'emissione di disturbi elettromagnetici.
- Tutte le porte dell'apparato in prova devono essere connesse a cavi terminati sugli apparati ausiliari e se ciò non è possibile su equivalenti impedenze di carico.
Nel caso in cui l'apparato abbia un numero elevato di porte, si devono scegliere e collegare con il mondo esterno tutte quelle porte che permettono di simulare le condizioni operative reali.
- La configurazione dell'apparato e le condizioni operative di funzionamento utilizzate durante le prove di EMC devono essere annotate nel rapporto di prova.



Norme generiche

- Norme di base
- **Norme generiche**
- Norme di prodotto



- Le norme generiche specificano le prove essenziali EMC di emissione e immunità ed i relativi limiti e livelli, senza specificare le procedure di prova per le quali fanno riferimento alle norme di base.
- Si applicano a tutti quegli apparecchi per i quali non esistono specifiche norme di prodotto e che vengono installati in ambienti elettromagnetici classificati come segue:
 - ❑ **Ambiente residenziale, commerciale, industriale leggero**
Ambiente caratterizzato da alimentazione in bassa frequenza direttamente fornita dalla rete pubblica.
Es.: appartamenti, locali di vendita al minuto, edifici ad uso commerciale, uffici, banche, cinema, bar, stazioni di servizio, parcheggi, centri sportivi, laboratori, officine, centri di servizio etc.
 - ❑ **Ambiente industriale pesante**
Ambiente caratterizzato da alimentazione ricavata da un trasformatore di media/alta potenza dedicato per fornire alimentazione all'industria o all'impianto.
 - ❑ **Centri di telecomunicazione**
 - ❑ **Siti remoti di telecomunicazione**
- Fissano i criteri generali per la valutazione delle prove di immunità.
- Possono essere usate per la dichiarazione di conformità CE, se non escluse da norme di prodotto.



- Norme di base
- **Norme generiche**
- Norme di prodotto



Criteri per la valutazione delle prove di immunità

Le norme generiche contengono dei criteri per la valutazione dell'esito delle prove di immunità che non sono specifici di un particolare prodotto.

I criteri generali di valutazione sono classificati come segue:

- **Criterio A**

Stabilisce che durante le prove di immunità l'apparato deve continuare a funzionare secondo le specifiche definite dal costruttore per il suo normale funzionamento. Si applica nel caso di prove di immunità a disturbi di natura persistente.

- **Criterio B**

Stabilisce che dopo le prove di immunità l'apparato deve continuare a funzionare secondo le specifiche definite dal costruttore per il suo normale funzionamento. Durante le prove di immunità sono ammesse delle degradazioni delle funzioni primarie. Si applica nel caso di prove di immunità a disturbi di natura transitoria (ESD, burst, surges etc.).

- **Criterio C**

Stabilisce che l'apparato durante le prove può perdere delle funzioni. Tuttavia alla cessazione della prova la funzione persa si deve ripristinare automaticamente o con l'intervento dell'operatore.

Si applica nel caso di prove di immunità ai buchi ed alle interruzioni di tensione che durano oltre un determinato periodo.



- Norme di base
- Norme generiche
- **Norme di prodotto**



Norme di prodotto

- Come le norme generiche, fissano
 - ambienti
 - prove
 - livelli
 - criteri di valutazione per le prove di immunità per specifiche categorie di prodotti.
- Escludono l'applicazione delle norme generiche per il prodotto a cui fanno riferimento.
- Esistono anche norme di prodotto parziali che coprono solo alcuni requisiti. In questo caso si devono applicare più norme in parallelo per verificare conformità alla Direttiva.



Criteri per selezionare le norme da applicare

La conformità di un prodotto con le appropriate norme armonizzate pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea dà la *presunzione di conformità* ai requisiti di protezione della Direttiva.

Le norme armonizzate che devono essere usate per dimostrare la conformità alla Direttiva devono coprire tutti i fenomeni elettromagnetici (in bassa e alta frequenza, emissione ed immunità) che possono interessare l'apparato nel suo ambiente tipico di utilizzo.

Per la selezione delle norme armonizzate da applicare ad un determinato prodotto possono essere tenuti in considerazione alcuni principi generali che aiutano nella scelta:

- ✓ Verificare che lo *scopo della norma armonizzata* copra esplicitamente il prodotto di interesse
- ✓ Un elemento di chiarezza può essere rappresentato *dall'uso che si intende fare dell'apparato*
- ✓ Gli scopi delle norme armonizzate EN 55011, EN 55013, EN 55014, EN 55015 e EN 55022 per le misure dell'emissione delle interferenze radiate sono mutuamente esclusivi.



Contenuto del rapporto di prova di EMC

Le prove di EMC devono essere opportunamente documentate in un *rapporto di prova* il quale deve presentare in modo chiaro e non ambiguo i risultati delle varie misure.

Il rapporto di prova deve almeno contenere le seguenti informazioni (definite nella norma EN 45001):

- nome ed indirizzo del costruttore o del suo rappresentante
- costruttore, modello, tipo e numero di serie dell'apparato
- descrizione dell'apparato
- dettagli degli apparati ausiliari utilizzati
- strumentazione e caratteristiche dei siti di prova
- descrizione dei banchi di prova utilizzati
- incertezze di misura
- norme applicate
- sequenza delle prove applicate
- livelli di emissione misurati
- livelli di prova applicati per l'immunità
- condizioni operative dell'apparato durante le prove
- registrazione risposte spurie dell'apparato
- risultati delle prove e relativi criteri di accettazione
- giustificazioni relative alle prove incluse nelle norme applicate e non effettuate
- date di effettuazione delle prove
- nome degli operatori
- firma del responsabile del laboratorio.



Nella Direttiva 89/336/EEC sono compresi molti standard, tra i quali:

- **EN 55022** *(norme di base per emissioni condotte e radiate)*
- **EN 61000-4-XXX** *(norme di base per immunità)*

EN: European Norm



EN 55022

EN: European Norm

EN 55022 è essenzialmente lo Standard CISPR 22 pubblicato da IEC.

EN 55022, Emissioni condotte

- I **limiti** per le emissioni condotte di EN 55022 sono **gli stessi di FCC**.

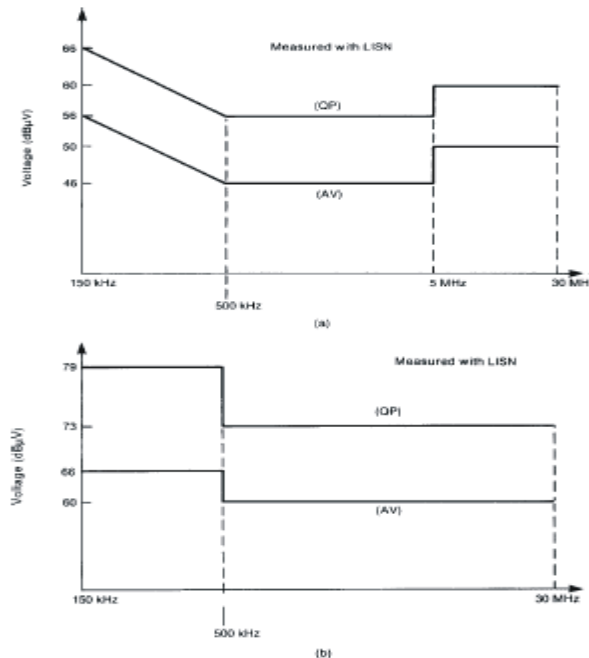


FIGURE 2.1 The FCC and CISPR 22 conducted emission limits: (a) Class B; (b) Class A.

TABLE 2.1 FCC and CISPR 22 Conducted Emission Limits for Class B Digital Devices

Frequency (MHz)	$\mu\text{V QP (AV)}$	$\text{dB}\mu\text{V QP (AV)}$
0.15	1995 (631)	66 (56)
0.5	631 (199.5)	56 (46)
0.5–5	631 (199.5)	56 (46)
5–30	1000 (316)	60 (50)

TABLE 2.2 FCC and CISPR 22 Conducted Emission Limits for Class A Digital Devices

Frequency (MHz)	$\mu\text{V QP (AV)}$	$\text{dB}\mu\text{V QP (AV)}$
0.15–0.5	8912.5 (1995)	79 (66)
0.5–30	4467 (1000)	73 (60)



EN 55022, Emissioni radiate

- In EN 55022 le emissioni radiate vengono misurate ad una distanza di **10 m** dall'antenna, sia per la **Classe A** che per la **Classe B**.
- EN 55022 *non* prevede misure di emissione radiata oltre 1GHz.

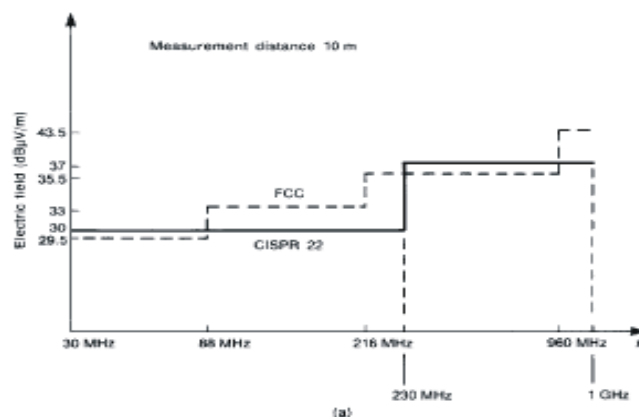


TABLE 2.6 CISPR 22 Radiated Emission Limits for Class B ITE Equipment (10 m)

Frequency (MHz)	μV/m	dBμV/m
30-230	31.6	30
230-1000	70.8	37

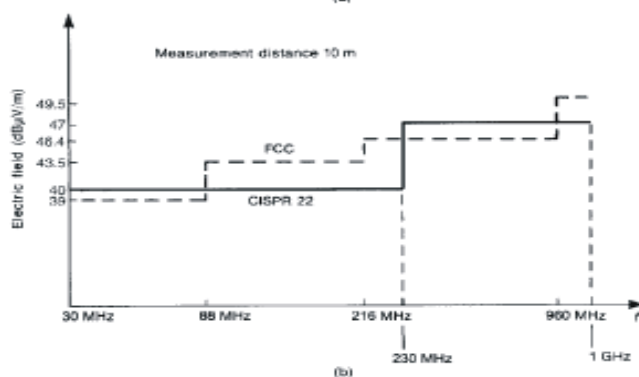


TABLE 2.7 CISPR 22 Radiated Emission Limits for Class A ITE Equipment (10 m)

Frequency (MHz)	μV/m	dBμV/m
30-230	100	40
230-1000	224	47

FIGURE 2.4 The CISPR 22 radiated emission limits compared to the FCC radiated emission limits: (a) Class B; (b) Class A.



EN 61000-4-XXX

EN: European Norm

EN 61000-4-XXX sono sostanzialmente gli standard della serie 61000 di IEC.

Nella Direttiva 89/336/EEC è per la prima volta obbligatorio per dispositivi ad uso commerciale fare test sull'immunità a emissioni condotte e radiate.

Ciò implica che il dispositivo deve essere sottoposto a emettitori che simulano da un punto di vista EMC l'ambiente in cui esso dovrà operare e in tali condizioni il dispositivo deve mantenere inalterate le proprie funzionalità.

FCC non prevede test di tale tipo.

Gli standard EN 61000-4-XXX contemplano una vasta gamma di condizioni che possono causare il malfunzionamento del dispositivo:

- *Electrostatic discharge (ESD)*
 - *Radiated electromagnetic field*
 - *Electrical fast transient/burst*
 - *Surge immunity tests*
- Etc.



MIL-STD-461E:1999

Web Site: <http://www.navair.navy.mil/e3/Documents/mil461e.pdf>

I requisiti contenuti nello standard MIL-STD-461E:1999 devono essere soddisfatti per prodotti ad uso dell' *U.S. Military* (che comprende tutti i settori del *Department of Defense* o DoD).

I requisiti dello standard MIL-STD-461E:1999 sono stati adottati da molte organizzazioni militari non USA.

A differenza degli standard per uso commerciale, i requisiti contenuti in MIL-STD-461E:1999 possono per taluni prodotti non essere rispettati o adattarsi al particolare caso.



Rispetto agli standard per uso commerciale, in MIL-STD-461E:1999

- ✓ i limiti e l'applicabilità sono più complicati
- ✓ i range di frequenze coinvolti più ampi.

I limiti applicabili a tutti i dispositivi sono:

- **CE102** per le emissioni condotte
- **CS101, CS114, CS116** per la suscettività condotta
- **RE102** per le emissioni radiate
- **RS103** per la suscettività radiata

Per tutte le misure di **emissione**, il ricevitore deve essere un *peak detector*.

- Le *emissioni condotte* sono misurate inserendo una LISN nei cavi di ingresso.
- Le *emissioni radiate* sono misurate alla distanza di 1 m dal dispositivo.



MIL-STD-461E:1999 (USA, uso militare)

**TABLE 2.8 Emission and Susceptibility Requirements of MIL-STD-461E**

Requirement	Description
CE101	Conducted emissions, power leads, 30 Hz–10 kHz
CE102	Conducted emissions, power leads, 10 kHz–10 MHz
CE106	Conducted emissions, antenna terminal, 10 kHz–40 GHz
CS101	Conducted susceptibility, power leads, 30 Hz–150 kHz
CS103	Conducted susceptibility, antenna port, intermodulation, 15 kHz–10 GHz
CS104	Conducted susceptibility, antenna port, rejection of undesired signals, 30 Hz–20 GHz
CS105	Conducted susceptibility, antenna port, cross-modulation, 30 Hz–20 GHz
CS109	Conducted susceptibility, structure current, 60 Hz–100 kHz
CS114	Conducted susceptibility, bulk cable injection, 10 kHz–200 MHz
CS115	Conducted susceptibility, bulk cable injection, impulse excitation
CS116	Conducted susceptibility, damped sinusoidal transients, cables and power leads, 10 kHz–100 MHz
RE101	Radiated emissions, magnetic field, 30 Hz–100 kHz
RE102	Radiated emissions, electric field, 10 kHz–18 GHz
RE103	Radiated emissions, antenna spurious and harmonic outputs, 10 kHz–40 GHz
RS101	Radiated susceptibility, magnetic field, 30 Hz–100 kHz
RS103	Radiated susceptibility, electric field, 2 MHz–40 GHz
RS105	Radiated susceptibility, transient electromagnetic field

TABLE 2.9 Requirement Matrix of MIL-STD-461E^a

Equipment and Subsystems Installed in, on, or Launched from the Following Platforms or Installations	Requirement Applicability																
	CE101	CE102	CE106	CS101	CS103	CS104	CS105	CS109	CS114	CS115	CS116	RE101	RE102	RE103	RS101	RS103	RS105
Surface ships	A	A	L	A	S	S	S		A	L	A	A	A	L	A	A	L
Submarines	A	A	L	A	S	S	S	L	A	L	A	A	A	L	A	A	L
Aircraft, army, including flight line	A	A	L	A	S	S	S		A	A	A	A	A	L	A	A	L
Aircraft, navy	L	A	L	A	S	S	S		A	A	A	L	A	L	L	A	L
Aircraft, air force		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L		A	
Space systems, including launch vehicles		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L		A	
Ground, army		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L	L	A	
Ground, navy		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L	A	A	L
Ground, air force		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A	L	A	A	

^aLegend: A—applicable; L—limited as specified in the individual sections of this standard; S—procuring activity must specify in procurement documentation.

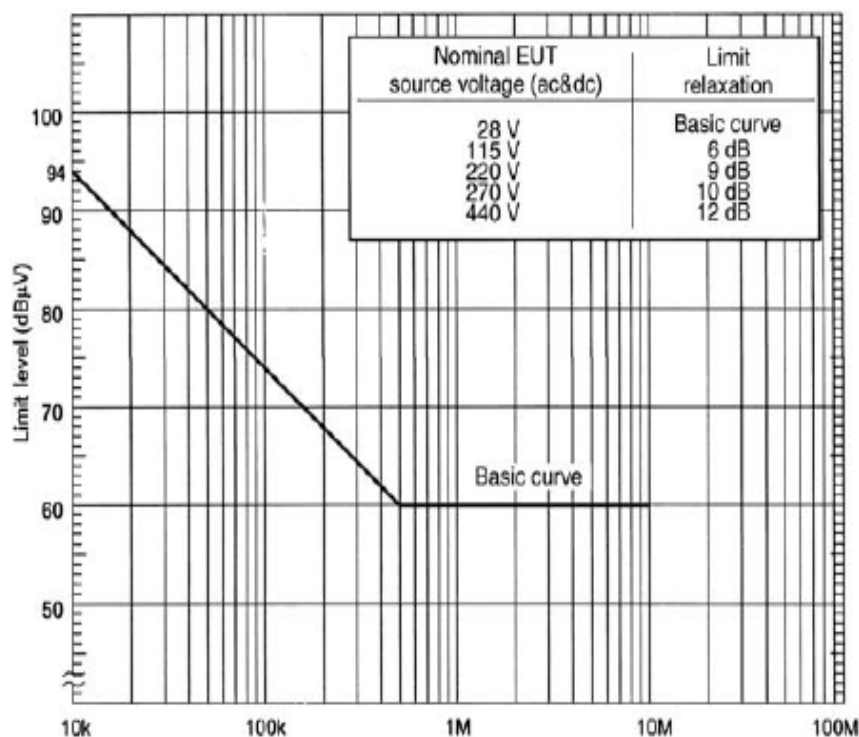


FIGURE 2.5 MIL-STD-461E CE102 limit (EUT power leads, ac and dc) for all applications [5].

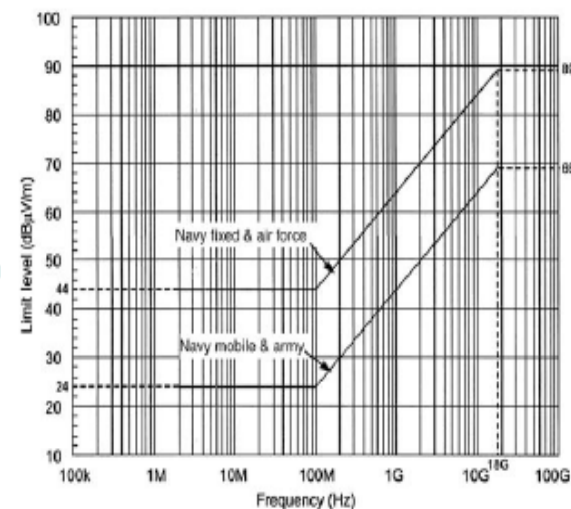
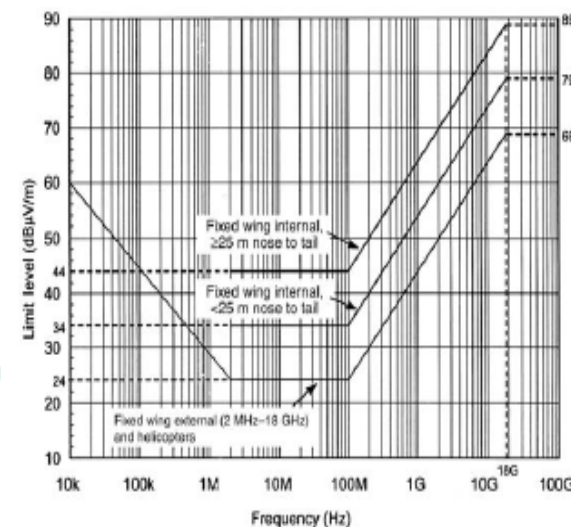
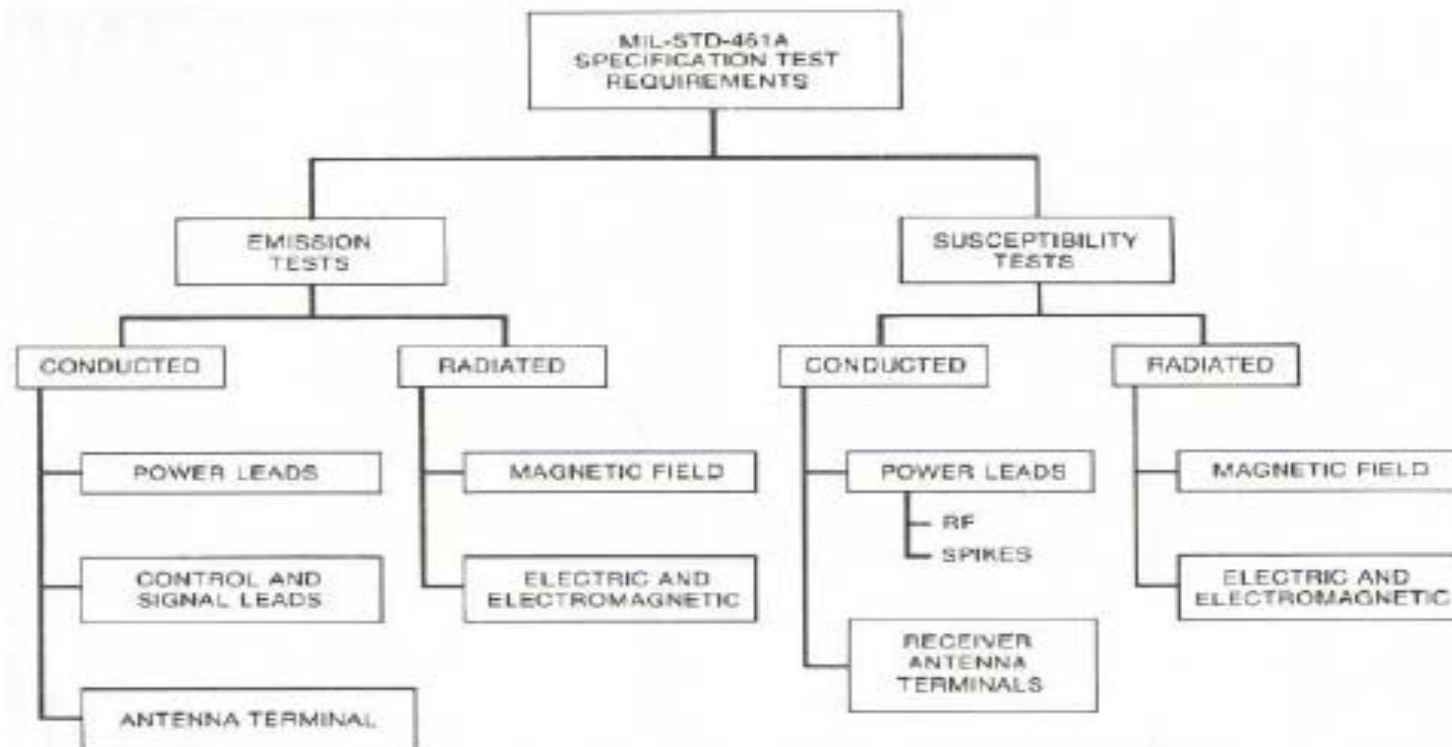


FIGURE 2.6 (a) MIL-STD-461E RE102 limit for aircraft and space system applications; (b) MIL-STD-461E RE102 limit for ground applications [5].





Conclusioni

- ❖ **Problematiche di EMI in sistemi elettronici**
- ❖ **Minimizzazione di EMI:**
 - ◆ **Emettitore**
 - ◆ **Suscettore**
 - ◆ **Percorso di accoppiamento**
- ❖ **Emissioni condotte e radiate**
- ❖ **Suscettibilità condotta e radiata**
- ❖ **Requisiti EMC per sistemi elettronici**
 - ◆ **CFR, Title 47, Part 15** (*USA, uso commerciale*)
 - ◆ **CISPR 22** (*Normative internazionali non USA, uso commerciale*)
 - ◆ **Direttiva 89/336/EEC** (*EEA, uso commerciale*)
 - ◆ **MIL-STD-461E:1999** (*USA, uso militare*)

