

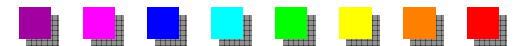
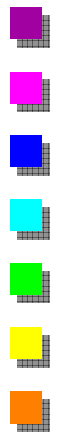
Ottobre 1996



METODI DI MISURA RELATIVI AI DISTURBI ELETTROMAGNETICI

Pietro Nicoletti

www.studioreti.it



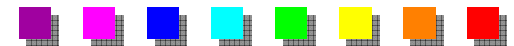
Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.
- L'informazione contenuta in queste slides è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slides (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.



Test sui disturbi elettromagnetici

- I disturbi elettromagnetici sono chiamati anche radiodisturbi per l'elevata frequenza che possono raggiungere
- I test relativi ai radiodisturbi servono a:
 - garantire una certa soglia di silenzio elettromagnetico o basso rumore nell'ambito di un determinato ambiente fisico

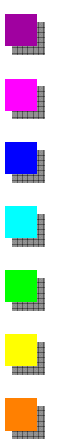


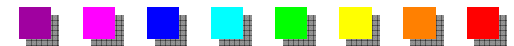
Ambiente operativo

- L'ambiente fisico in cui si deve operare può essere:
 - un locale commerciale in cui lo spazio a disposizione è elevato e dove la distanza tra apparati elettrici/elettronici diversi può essere maggiore rispetto ad un locale abitativo;
 - un locale d'abitazione in cui lo spazio a disposizione è ridotto e dove la distanza tra apparati elettrici/elettronici diversi può essere inferiore rispetto ad un locale commerciale.



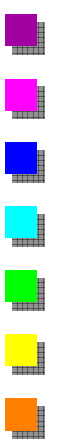
Premessa

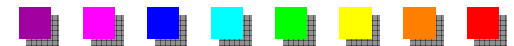
- **Normative che definiscono i test ed i metodi di misura dei livelli di radiodisturbi:**
 - esistono per i radiodisturbi generati dagli apparati per la tecnologia informatica
 - non esistono attualmente per i radiodisturbi generati dai cablaggi strutturati
 - **Sono allo studio delle metodologie di test per i cablaggi strutturati**
 - si crea un ambiente campione su cui effettuare le misure di emissione di radiodisturbi.
- 





Comitati internazionali

- Il **CENELEC** è il Comitato Europeo di Normalizzazione Elettrotecnica e produce delle normative che iniziano con le lettere: **EN**
 - **IEC** è il Comitato Elettrotecnico Internazionale che prende il nome di CEI nella terminologia francese (da non confondere con il Comitato Elettrotecnico Italiano)
- 



Comitato internazionale EMI

- Il CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques) è un comitato internazionale che si occupa di regolamentare le metodologie ed i test da effettuare su apparati (o insieme di essi) in relazione a:
 - emissione di radiodisturbi
 - compatibilità elettromagnetica

Principali normative EMI

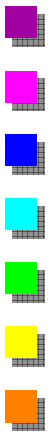
- I comitati: CISPR 22, EN55022, CEI 110-5 si occupano di fornire i limiti e metodi di misura dei radiodisturbi relativi agli apparati di tecnologia informatica:
 - normative utilizzate da parecchio tempo e ben definite
 - la normativa più recente è il CISPR 22 del 1993

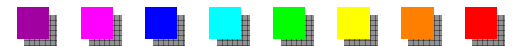
Principali normative di immunità

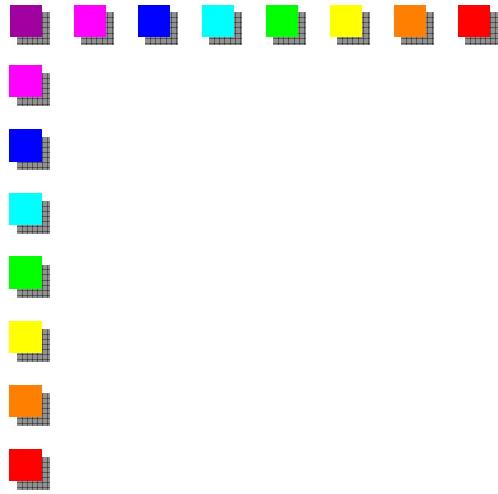
- Il draft CISPR/G(CO)32 del 1994, che è la parte 3 del CISPR 24, si occupa dell'immunità ai radiodisturbi delle apparecchiature per la tecnologia informatica
 - questa normativa è allo stato di bozza e presenta delle difficoltà di applicazione in quanto, per esempio, non ha ancora definito come calibrare gli strumenti



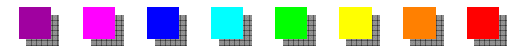
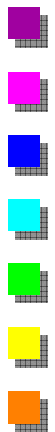
La normativa CEI 110-5

- Il Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) è l'ente nazionale che si occupa di produrre delle normative in ambito elettrico ed elettronico
 - Il comitato tecnico 110 (CT 110) nel 1988 ha pubblicato la normativa 110-5 che è di fatto la traduzione italiana della normativa Europea EN 55022 del CENELEC:
 - questa normativa è conforme alla pubblicazione 22 (1985) del CISPR
- 





Cenni principali sulla normativa CEI 110-5



Campo d'applicazione

- La normativa 110-5 è applicabile agli apparati per la tecnologia informatica
- Definisce i metodi di misura dei livelli di radiodisturbi generati dagli apparati, in un campo di frequenze comprese tra 0.15 e 1000 MHz
- Differenzia i limiti di radiodisturbi per due classi di apparecchi:
 - **Classe A** che ha dei limiti meno restrittivi,
 - **Classe B** che ha dei limiti più restrittivi.

Definizioni e nomenclatura

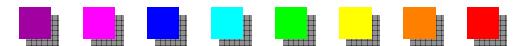
- L'Apparato per la tecnologia informatica è costruito allo scopo di:
 - ricevere dati da una sorgente esterna (come una linea per l'ingresso dati o tramite una tastiera);
 - eseguire alcune funzioni di trattamento dei dati (come calcolo, trasformazione dei dati, o registrazione, archiviazione, classificazione, memorizzazione, trasferimento dei dati);
 - fornire dei dati in uscita (sia per il trasferimento ad un altro apparecchio, sia per la riproduzione di dati o di immagini).



Definizioni e nomenclatura

■ Unità di prova:

- è un apparato o un gruppo di apparati funzionalmente interattivi (ad esempio un sistema) comprendenti una o più unità principali ed utilizzati ai fini di valutazione
- L'unità di prova può essere costituita da una o più unità principali interconnesse fra loro



Definizioni e nomenclatura

■ Unità principale:

- è quella parte di un apparato che fornisce l'alloggiamento meccanico per i moduli
- le distribuzioni di energia tra le unità principali ed i moduli o altri apparecchi possono essere effettuate in corrente alternata, in corrente continua o con entrambi i tipi di corrente

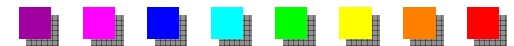
■ Modulo:

- è una parte di un'unità principale che fornisce una determinata funzione



Esempi di unità di prova: il PC

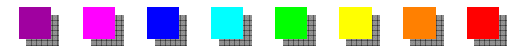
- Un personal computer preso come unità di prova è un apparato composto da 3 unità principali:
 - **la base** che può essere del tipo Desktop o Tower e contiene il modulo madre (mother board) su cui si collegano i moduli che si connettono al bus interno ISA o EISA
 - **la tastiera**
 - **il monitor**





Esempi di unità di prova: l'Hub

- Un Hub preso come unità di prova è un apparato composto da una sola unità principale che è il cestello, il quale può ospitare diversi moduli:
 - alimentatori
 - moduli Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM
 - moduli di management



Classificazione apparati

■ Apparati di **classe A**:

- in alcuni paesi la vendita di tali apparati è sottoposta a restrizioni
- i limiti sono pensati per impieghi in ordinari locali commerciali, per i quali è prevista una distanza di protezione di 30 m

■ Apparati di **classe B**:

- la vendita di tali apparati non è generalmente sottoposta a restrizioni
- i limiti sono pensati per impieghi in ordinari locali di abitazione, per i quali è prevista una distanza di protezione di 10 m

Tensione di disturbo ai morsetti

- La misura sui limiti di tensione di radiodisturbo serve:
 - per determinare il radiodisturbo provocato dall'unità di prova e presente ai morsetti di alimentazione della medesima nella gamma di frequenze da 0.15 a 30 MHz
- Vanno rilevati il valore di quasi-picco e il valore medio tramite appositi strumenti di misura

Tensione di disturbo ai morsetti

- Qualora lo strumento presenti delle fluttuazioni attorno al limite:
 - la lettura deve essere osservata per almeno 15 s a ciascuna frequenza e si devono considerare i dati del caso peggiore
- I limiti per la tensione di disturbo nella gamma di frequenze da 9 a 150 KHz sono allo studio

Limiti di tensione di radiodisturbo

- Limiti di tensione di radiodisturbo per apparati di classe A:

Apparati di classe A		
Gamma di frequenza in MHz	Limiti in dB (μV)	
	Valore di quasi-picco	Valore medio
da 0.15 a 0.50	79	66
da 0.50 a 30	73	60

Limiti di tensione di radiodisturbo

- Limiti di tensione di radiodisturbo per apparati di classe B:

Apparati di classe B		
Gamma di frequenza in MHz	Limiti in dB (μV)	
	Valore di quasi-picco	Valore medio
da 0.15 a 0.50	da 66 a 56	da 56 a 46
da 0.50 a 5	56	46
da 5 a 30	60	50

Limiti di radiodisturbo irradiato

- Questa misura serve per definire il radiodisturbo nella gamma di frequenze da 30 a 1000 MHz
 - il radiodisturbo può essere provocato dall'unità di prova e viene irradiato dalla medesima nello spazio fisico attorno ad essa
- Vanno rilevati i valori di quasi-picco tramite appositi strumenti di misura
- Qualora lo strumento presenti delle fluttuazioni attorno al limite:
 - la lettura deve essere osservata per almeno 15 s a ciascuna frequenza e si devono considerare i dati del caso peggiore

Limiti di radiodisturbo irradiato

- I limiti del campo di disturbo della gamma di frequenza sotto i 30 MHz sono allo studio
- I limiti indicati nella tabella sottostante sono identici per le classi A e B:
 - la differenza tra le due misure dipende soltanto dalla distanza dell'antenna dall'unità di prova (**30 m** per **classe A** e **10 m** per la **classe B**)

Gamma di frequenza in MHz	Limiti di valore di quasi-picco espressi in dB ($\mu\text{V/m}$)
da 30 a 230	30
da 230 a 1000	37

Limite CISPR

- Il limite CISPR è raccomandato dalle autorità nazionali per recepimento delle norme nazionali
- Il limite richiede che:
 - quando si esegue la prova di conformità degli apparati, deve essere effettuata una valutazione statistica sulle misure delle unità di prova campione, in modo da garantire che almeno l'80% della produzione degli apparati risulti conforme ai seguenti limiti:
 - limiti della tensione di radiodisturbo ai morsetti di alimentazione
 - limiti del campo di radiodisturbo irradiato

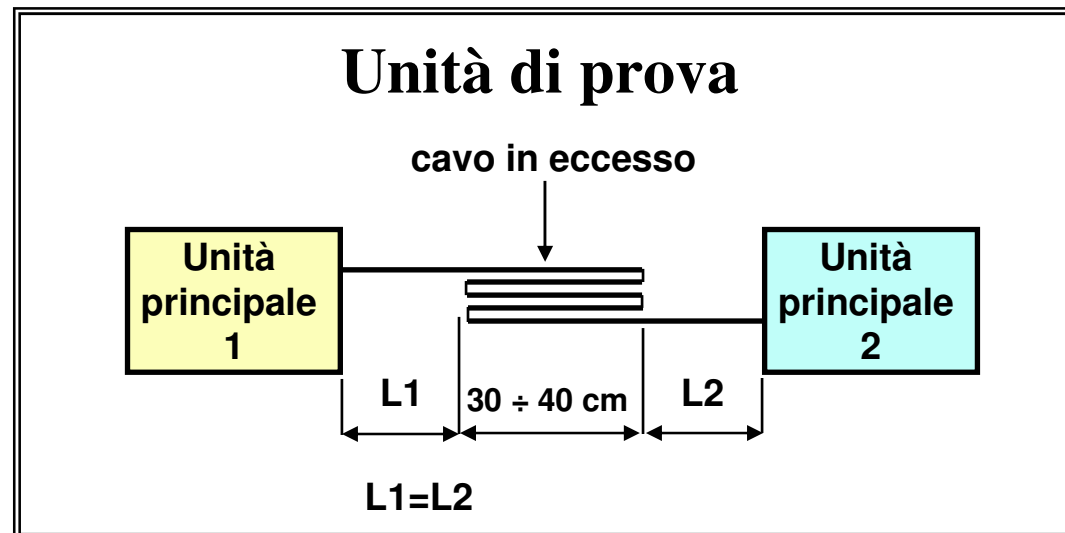
Condizioni generali di misura

- Il luogo di misura deve:
 - permettere di distinguere i disturbi emessi dall'unità in prova dal rumore di ambiente
 - per essere idoneo deve avere un rumore di ambiente inferiore di almeno 6 dB rispetto ai limiti più restrittivi della classe in esame
- Configurazione dell'unità di prova
 - si deve cercare di ottenere il massimo livello di disturbo emesso dall'unità di prova con il suo uso ordinario, variando la configurazione dell'unità di prova
 - i cavi di interfaccia devono essere connessi con gli ingressi d'interfaccia disponibili dell'unità di prova

Condizioni generali di misura

■ Come effettuare la misura

- si deve cercare la disposizione dei cavi che produce il massimo disturbo
- la lunghezza dei cavi in eccesso deve essere avvolta nel modo indicato nella figura. Bisogna evitare di fare dei loop induttivi



Misura di radiodisturbo irradiato

■ Generalità:

- le misure devono essere eseguite con uno strumento di misura con rilevatore di quasi-picco nella gamma di frequenze da 30 a 1000 MHz
- le misure del campo irradiato devono essere effettuate alla distanza stabilita dalla classe A o B, misurata a partire dal bordo dell'unità di prova
- il bordo è definito dal perimetro convenzionale dato dai segmenti di retta che formano una figura geometrica semplice, in cui si inserisce l'unità di prova

Misura di radiodisturbo irradiato

■ Generalità:

- tutti i cavi e gli apparati interconnessi del sistema devono risultare all'interno del perimetro che forma una figura geometrica semplice

■ Antenna:

- l'antenna deve essere un dipolo bilanciato
 - va accordata e regolata opportunamente a seconda delle frequenze di misura
- deve essere posta alla distanza orizzontale di 30 m per la classe A e 10 m per la classe B, a partire dalla parte esterna dell'unità di prova
- deve essere regolata in altezza tra 1 e 4 m per ricercare il disturbo massimo

Misura di radiodisturbo irradiato

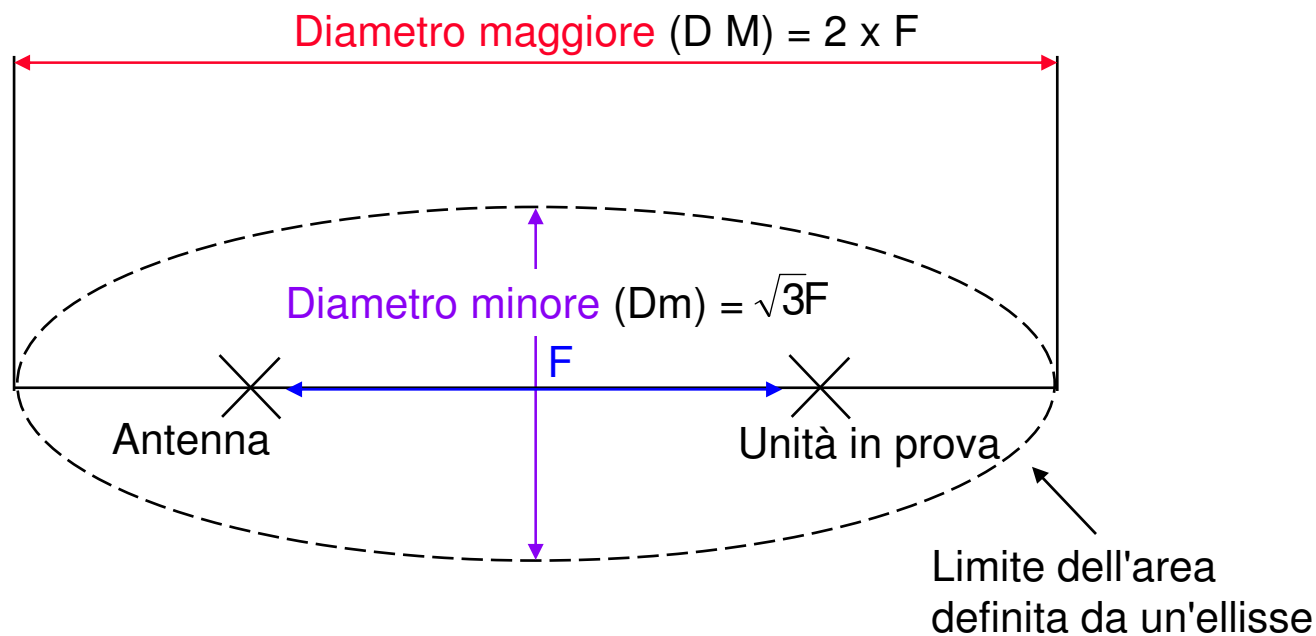
■ Antenna:

- l'azimut antenna-unità in prova e la polarizzazione (orizzontale e verticale) devono essere variate durante la misura per trovare le indicazioni dell'intensità di campo massimo
- per facilitare la misura si può ruotare l'unità di prova o qualora ciò non sia possibile le misure vengono effettuate intorno all'unità di prova alle distanze stabilite

Misura di radiodisturbo irradiato

■ Luogo di misura

- il luogo di misura per gli apparecchi deve essere piano, privo di linee aeree e senza strutture riflettenti in vicinanza



Misura di radiodisturbo irradiato

■ Piano di massa

- il piano di massa è un piano metallico che non deve avere né vuoti né interruzioni che siano una frazione significativa della lunghezza d'onda a 1000 MHz
 - nel caso di piani metallici perforati la dimensione della maglia massima non deve superare i 30 mm
- il piano di massa deve avere delle dimensioni che si estendano per almeno 1 m oltre il perimetro dell'unità di prova e l'antenna di misura
- le unità di prova portatili devono essere poste su un tavolo non metallico a 0.8 m dal piano di massa

Misura di radiodisturbo irradiato

■ Dimensione minima del piano di massa



$D = d + 2 \text{ m}$, dove d è la dimensione massima dell'unità in prova;
 $W = a + 1 \text{ m}$, dove a è la dimensione massima dell'antenna;
 $L = 3 \text{ m}, 10 \text{ m}$ oppure 30 m .

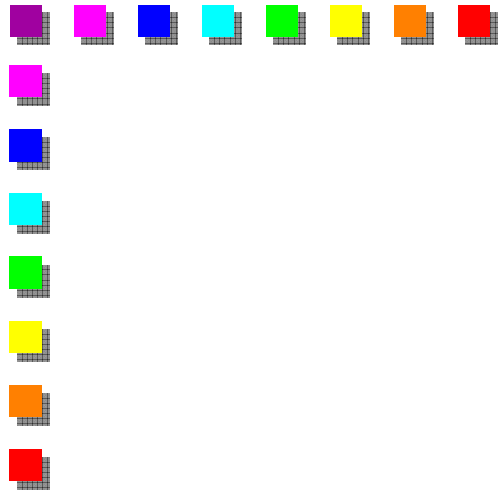
Misura in ambienti disturbati

- Qualora la misura sia effettuata in un ambiente in cui il radiodisturbo sia elevato si può ridurre la distanza tra l'antenna e l'unità di prova:
 - si può effettuare una misura per la classe A adottando una distanza di 10 m invece di 30 m
 - si può effettuare una misura per la classe B adottando una distanza di 3 m invece di 10m
 - bisogna adottare una formula correttiva per ottenere il valore reale di campo radiodisturbato espresso in dB $\mu\text{V}/\text{m}$

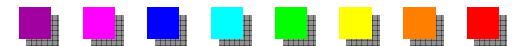
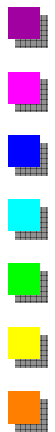
$$L_2 = L_1 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)$$

L_2 = limite corrispondente alla distanza ravvicinata d_2

L_1 = limite specificato in mV/m alla distanza d_1



Metodi proposti per la misura di emissione di radiodisturbi nei sistemi cablaggio



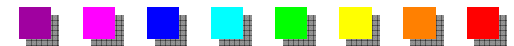
La problematica

- **Non è possibile fare dei test attendibili sui cablaggi strutturati perchè:**
 - **non si può facilmente stabilire quanto il radiodisturbo dell'ambiente stesso influisca nelle misure di campo irradiato**
 - **è difficile stabilire la posizione dell'antenna rispetto a: cablaggio, apparati e armadi di piano**
 - **in teoria per considerare testato il cablaggio bisognerebbe testarlo in tutto il suo sviluppo**
 - **il diverso posizionamento o raggruppamento di apparati attivi e la relativa generazione di traffico sulla rete, rende difficili e scarsamente valutabili le misure di campo irradiato**



Una possibile soluzione

- Una possibile soluzione può consistere nel creare un modello standard di prova costituito da:
 - alcune parti attive (concentratori, work station, PC)
 - alcune parti passive (permutatori, placchette utente, cavetti di permutazione) e da uno o più cavi UTP/STP/FTP, di lunghezza da determinare, che interconnettono le parti attive



Modello di riferimento

- Un modello standard di riferimento che includa cablaggio e parti attive si comporta come:
 - un'unità di prova i cui bordi sono definiti dal perimetro convenzionale dato dai segmenti di retta che formano una figura geometrica semplice
- Sul modello di riferimento standard si pongono alcuni interrogativi circa la sua configurazione

Modello di riferimento

■ Interrogativi:

- quanti cavi di collegamento è ragionevole includere e di che lunghezza?
- quanti apparati attivi bisogna includere nel modello di riferimento?
- cosa implica cercare di ottenere il massimo livello di disturbo emesso dall'unità di prova con il suo uso ordinario?
 - implica forse generare una determinata entità di traffico per Ethernet, Token Ring, FDDI?

Modello di riferimento: problemi

- Quando si effettua una misura su un modello di riferimento per la classe A:
 - si possono avere risultati diversi a seconda che si usino apparati di classe A o di classe B
- Nel modello di riferimento si dovrebbero dichiarare:
 - le caratteristiche delle parti attive e passive e di quale costruttore esse sono
 - un modello di riferimento include comunque per sua natura stessa componenti attivi e passivi di costruttori diversi
 - si possono avere risultati diversi a seconda delle combinazioni dei componenti

Modello di riferimento

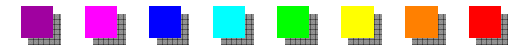
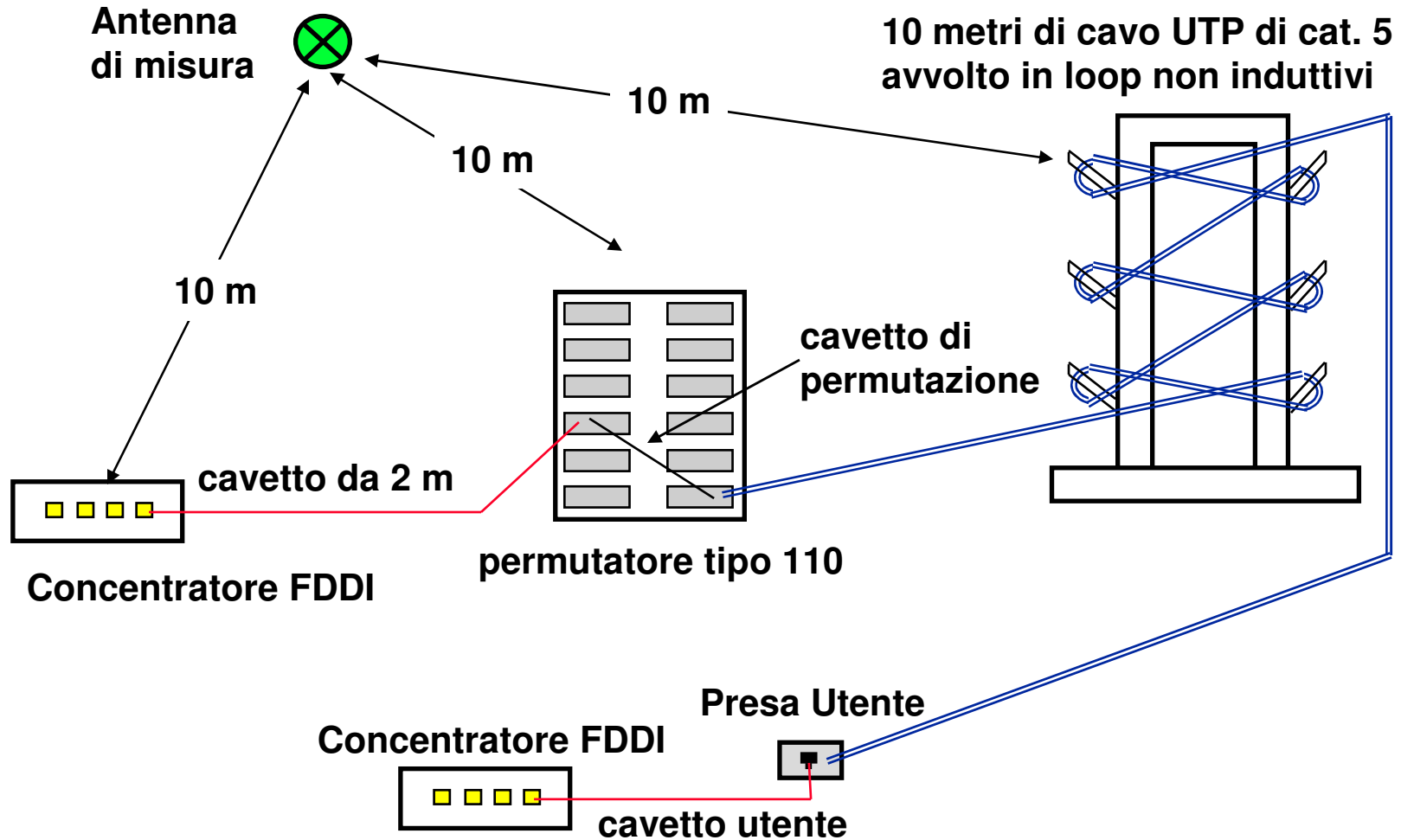
- **Quale possibile risposta ai quesiti?**
 - **i costruttori dovrebbero accordarsi sulle caratteristiche del modello di riferimento**
 - **si potrebbero certificare una serie di apparati attivi e passivi di costruttori diversi aventi delle caratteristiche tali da non comportare grandi scostamenti sulle misure di intensità di campo di radiodisturbo irradiato nel modello di riferimento**

Modello di riferimento

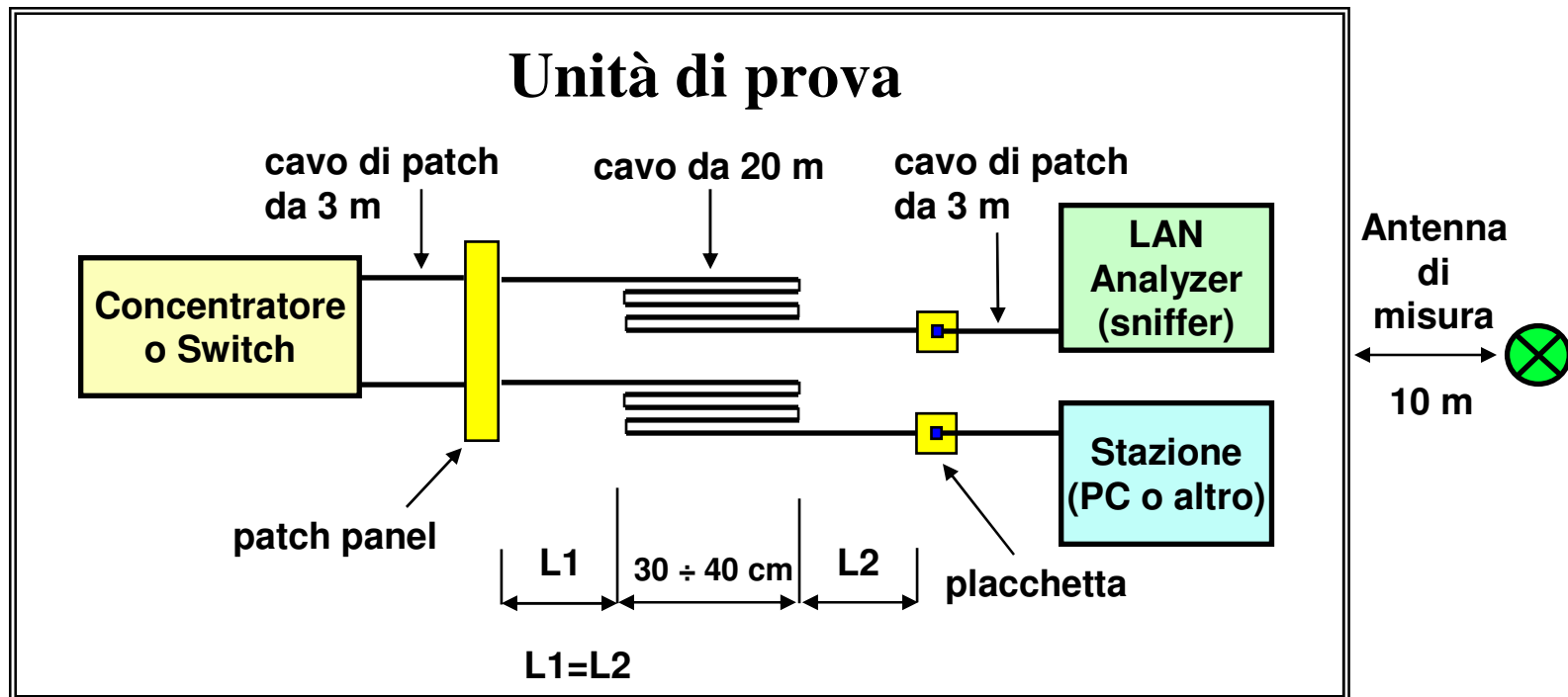
■ Come effettuare i test?

- si potrebbero effettuare i test generando un traffico determinato e riferito almeno agli standard più comuni e veloci quali:
 - FDDI avente la codifica MLT-3 (freq. digitale 31.25 MHz)
 - Token Ring a 16 Mb/s avente la codifica Manchester (frequenza digitale 16 MHz)
 - Ethernet a 10 Mb/s avente la codifica Manchester (frequenza digitale 10 MHz)

Modello proposto dalla Crescendo



Modello ipotetico per le LAN

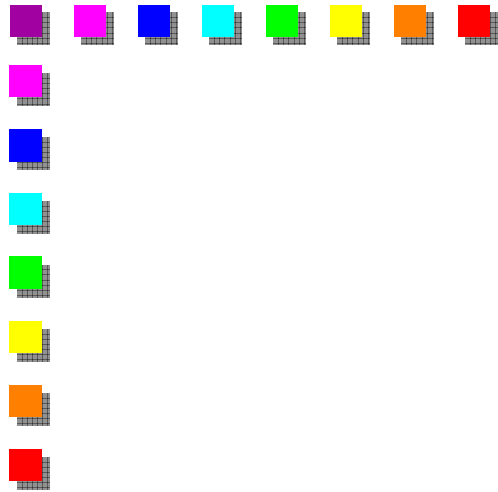


Modello di prova ipotetico per LAN

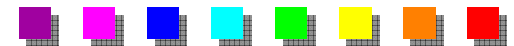
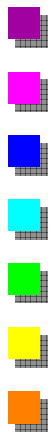
- Il modello può essere utilizzato per le seguenti LAN:
 - Ethernet (il concentratore è un repeater)
 - Token Ring (il concentratore è una MAU attiva o passiva)
 - FDDI (il concentratore è un DAC)
 - ATM
- Tramite il LAN-Analyzer si generano diverse combinazioni di bit:
 - sequenze di uno o zero, sequenze casuali (random)
 - per Ethernet è bene generare carichi del 90%

Modello di prova ipotetico per LAN

- **Criteria di scelta degli apparati e delle lunghezze dei cavi:**
 - l'uso di un apparato per interconnettere il LAN-Analyzer e la stazione è applicabile a tutte le LAN attuali
 - la lunghezza di 20 m permette di verificare con accuratezza la categoria del link (Cat. 5 o classe D), costituito dal cavo del cablaggio orizzontale più i cavi di patch da 3 m, si noti che gli strumenti forniscono dati precisi solo a distanze superiori i 10 m
 - è necessario che gli apparati siano della stessa classe, o superiore, di quella che si vuole provare come insieme di apparati e cablaggio



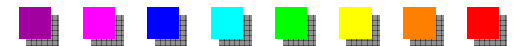
Cenni principali sulla normativa CISPR/G(CO)32





Campo d'applicazione

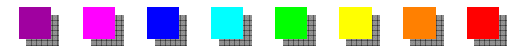
- La normativa è applicabile agli apparati per la tecnologia informatica
 - Stabilisce i limiti ed i corrispondenti metodi di test per valutare:
 - le specifiche prestazioni di un apparato, o un gruppo di apparati funzionanti in modo interattivo, quando vengono sottoposti ad campo elettromagnetico irradiato compreso nelle frequenze tra 27 e 1000 MHz
 - il campo elettromagnetico potrebbe essere generato da: trasmettitori radio e TV, apparati radio frequenza industriali e scientifici, sorgenti accidentali di radiofrequenza
- 





Limiti

- L'immunità ai disturbi dell'unità di prova deve essere uguale o migliore di quanto specificato nella normativa
- L'unità di prova deve garantire:
 - il funzionamento con basso tasso di errore (specificato per ogni tipo di apparato), quando è sottoposta ad un campo elettromagnetico irradiato dell'intensità di 3V/m nelle frequenze comprese tra 27 e 1000 MHz



Ambiente di test

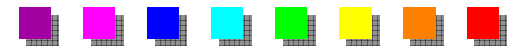
■ Locazione dell'unità di prova:

- se è un apparato (o insieme di apparati) di tipo tabletop, deve essere posto su un tavolo non metallico alto 0.8 m il quale deve essere situato sopra un piano di massa
- se è un apparato (o insieme di apparati) da pavimento, deve essere posto sopra un materiale isolante non riflettente avente uno spessore inferiore a 10 cm



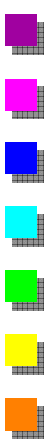
Ambiente di test

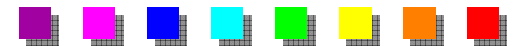
- I cavi che interconnettono le unità principali costituenti l'unità di prova devono essere fissati nella posizione tipica dell'installazione reale
- L'apparato di monitoring deve essere il più lontano possibile dalla zona di prova
 - gli eventuali cavi di connessione all'unità di prova possono influenzare il test





Immunità dell'unità di prova

- Un'unità di prova si considera immune ai disturbi elettromagnetici quando:
 - è in grado di compiere tutte le sue funzioni, con un basso tasso di errore, in condizioni di un campo elettromagnetico irradiato come specificato nella normativa
 - La normativa definisce per gli apparati sotto elencati, quali prestazioni devono dare se sottoposti ad un campo elettromagnetico irradiato:
 - video display, stampanti, unità disco, CPU, interfacce ISDN
- 



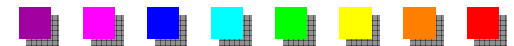
Immunità per apparati di LAN

- La normativa non prende in esame apparati o interfacce per LAN, per cui prendendo come riferimento l'interfaccia ISDN si potrebbe fare il seguente test:
 - per una durata di almeno un minuto l'apparato trasmittente deve trasmettere continuamente dei pacchetti e l'apparato di monitoring non deve rilevare alcun errore



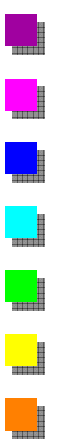
Immunità per apparati di LAN

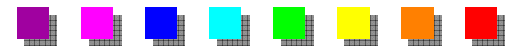
- A differenza dei test sull'emissione, quelli sull'immunità non sono oggi richiesti sugli apparati
- Un apparato LAN trasmette e riceve dei dati tramite dei mezzi trasmissivi, per testarlo bisogna prima escludere che il disturbo si introduca tramite il cavo





Immunità LAN e cablaggio

- Per testare un apparato di LAN e evitare che il disturbo si introduca tramite il cavo:
 - si possono connettere inizialmente due apparati tramite interfacce in fibra ottica per escludere l'influenza del cavo rame ed eseguire quindi il test di immunità
 - in una seconda fase si interconnettono gli apparati tramite i cavi rame e si ripete il test di immunità
 - in tal modo si ha un'indicazione globale di immunità dell'insieme costituito dagli apparati ed il cablaggio in rame
- 



Conclusioni

- Si può ipotizzare di effettuare dei test sull'emissione di radiodisturbi su un modello di riferimento (cablaggio più apparati attivi)
- Si possono effettuare dei test di immunità ai radiodisturbi sugli apparati di rete
- In teoria si può verificare l'immunità di un modello di prova costituito da:
 - apparati LAN
 - cablaggio rame
- Quanto sono attendibili questi test?