VOLTA S.p.A.

since 1952

Competenza ed entusiasmo per soluzioni tecniche

La progettazione nel 2018

I problemi da affrontare al giorno d'oggi

Marco Dealessi

mde@volta.it

Introduzione

- Nei periodi successivi al 1993, anno dell'uscita della Direttiva 93/465/CEE che obbliga la marcatura CE, sembrava logico pensare che nel 2018 l'attività dei laboratori sarebbe diminuita, anche sotto l'incalzare della crescente simulazione EMC, grazie alle capacità di progettare molto migliorate proprio a seguito delle campagne di test accumulate.
- Al contrario, all'alba del 2018, l'evoluzione della componentistica elettronica (causa prima della maggiore difficoltà di superamento delle prove) ha aumentato il carico di lavoro dei laboratori, con grande soddisfazione degli stessi.

VOLTA S.p.A.

Le problematiche

- Le problematiche EMC del 2018 sono relative a tutti i tre capitoli della compatibilità elettromagnetica:
  - Immunità
  - Compatibilità interna
  - Emissione
- Analizziamone alcuni casi in ordine di difficoltà crescente

VOLTA S.p.A.

Immunità

- Evoluzione:
  - Componenti sempre più miniaturizzati
  - Alimentazioni dei componenti sempre più esigue
- Se i canali degli integrati hanno dimensioni vicine ormai ai nanometri:
  - Gli strati di isolamento sono sempre più sottili e sensibili a perforazioni da parte di sovratensioni impulsive
  - I percorsi delle correnti sempre più stretti, generano punti caldi e fusione di materiale per sovracorrenti impulsive

VOLTA S.p.A.

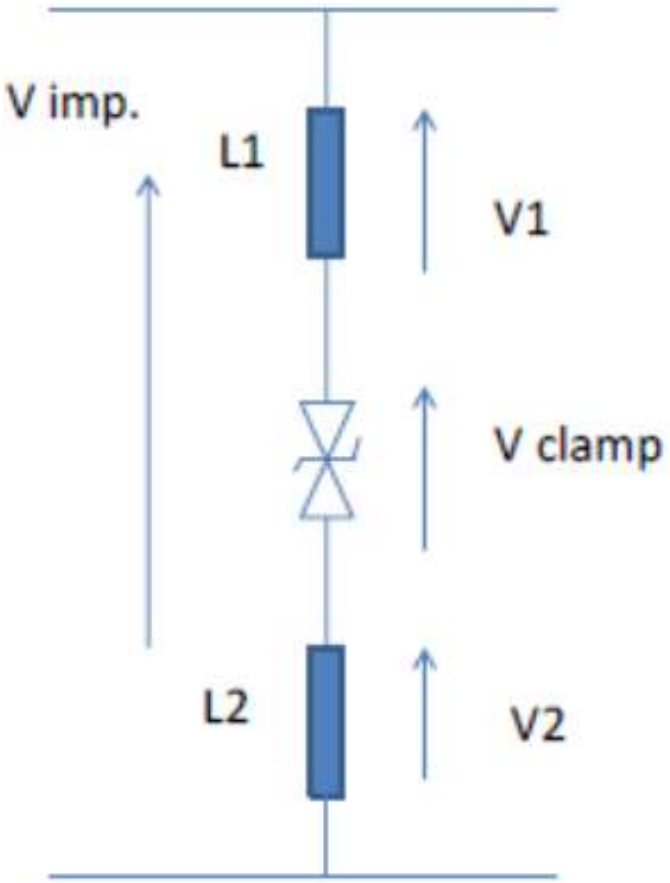
Esempio: diodi di protezione

- Prendiamo come esempio i diodi a protezione delle sovratensioni verso piste di massa ed alimentazione: oggi sono così piccoli che necessitano di robusti soppressori di impulsi esternamente agli integrati.
- La domanda è: dove li posizioniamo? Per proteggere una Ethernet da un surge, li mettiamo prima o dopo il trasformatore magnetico?

VOLTA S.p.A.

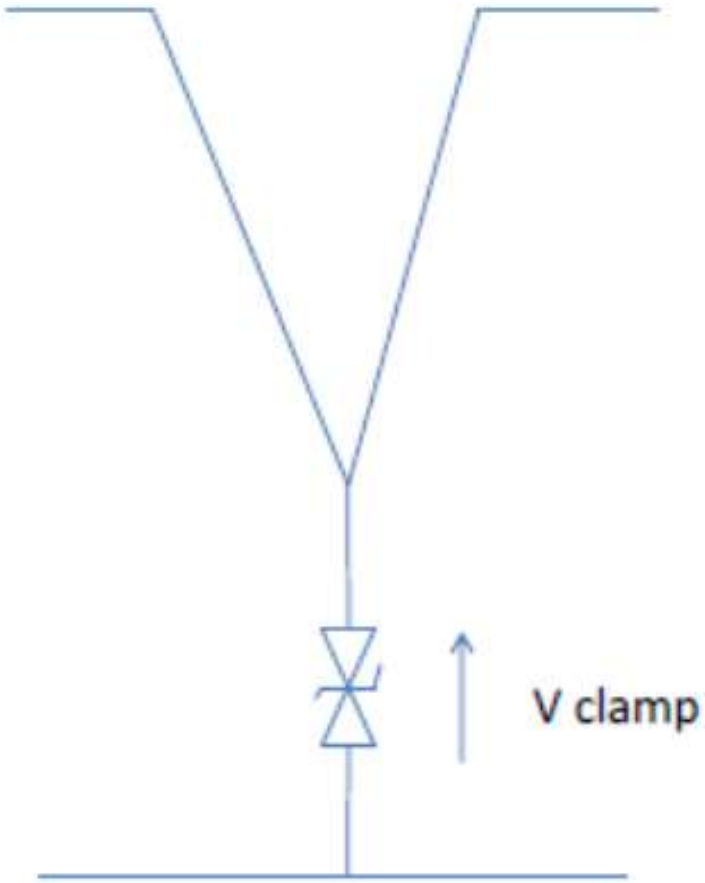
Esempio: diodi di protezione

- Se tra diodo e massa c'è una pista, anche corta, con $^{dI}/_{dt}$ elevato, l'induttanza parassita L1 o L2 può spostare la tensione da proteggere da 9V (V_{clamp}) a 109V!



Esempio: diodi di protezione

- L2 si è ridotta all'induttanza di un foro metallizzato e L1 non è più in serie al diodo, bensì lungo la linea di segnale con funzione positiva di filtraggio.



Esempio: circuiti di potenza

- Correnti impulsive generate dai circuiti di potenza nell'induttanza della massa possono creare differenze di potenziale tra i contatti del controller di un PWM che ne impediscono il funzionamento corretto.
- Si ritorna alla vetusta massa a punto unico, magari con una lamina metallica rigida inserita nello stampato che sposti l'extracorrente di surge oltre il controller.

VOLTA S.p.A.

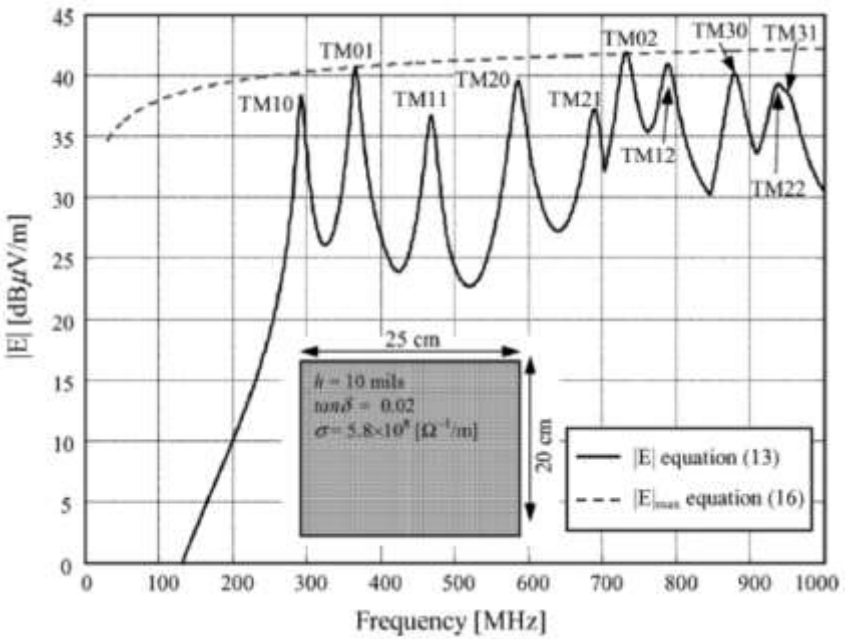
Compatibilità interna

- Fino agli inizi del ventunesimo secolo, compatibilità interna poteva solo significare diafonia, ovvero accoppiamenti di campi vicini tra cavi e piste.
- Nel 2018, la compatibilità interna riguarda aggressori e vittime non più vicini e con accoppiamenti apparentemente inspiegabili.

VOLTA S.p.A.

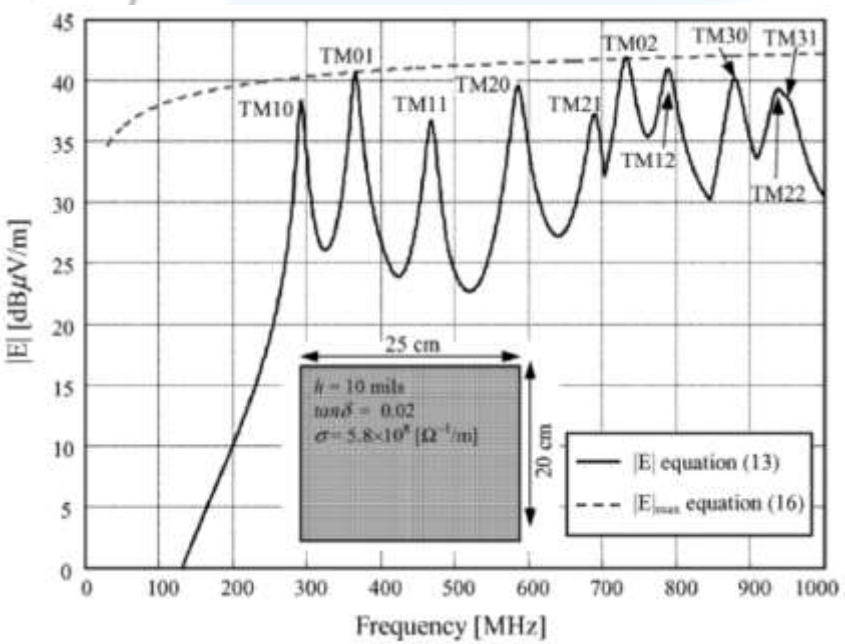
Esempio: clock sopra 100MHz

- Consideriamo un clock trapezoidale sopra 100MHz su stampato multilayer.
- Il multilayer implica un Power Distribution Network (PDN) costituito da un sandwich di due piani di rame separati da un dielettrico.
- In un cambio di layer il clock attraversa il sandwich tramite un foro metallizzato



Esempio: clock sopra 100MHz

- Il PDN si comporta come una cavità e il campo si propaga nel sandwich, per lo più in modo TM.
- Ai bordi non c'è adattamento e si formano risonanze con picchi di campo elettrico in alcuni punti.
- Se un segnale quieto transita in quei punti, vede sovrapposte le armoniche del clock: è diafonia a distanza!



Esempio: wireless

- Consideriamo un segnale wireless a frequenze sovrapponibili a quelle delle armoniche dei clock.
- Se l'antenna utilizza lo stesso piano di massa dei circuiti digitali, possiamo trovare un'impedenza comune e, in HF, si innescano le risonanze.
- Se il chip del transceiver è lontano dal micro, si potrebbe scoprire a posteriori in un punto ad alta impedenza: a volte, quindi, il posizionamento migliore è quello più vicino!
- Situazione simile si verifica con bus veloci che occupano la stessa banda dei clock.

VOLTA S.p.A.

Emissioni

- Il contenimento delle emissioni irradiate costituisce il principale ostacolo alla omologazione di prodotti digitali contenenti FPGA, ASIC, Micro... cosa è cambiato rispetto a 20 anni fa?
- Oggi vediamo clock da centinaia di MHz e commutazioni di centinaia di picosecondi e il core degli integrati citati gira sui 20..40 psec

VOLTA S.p.A.

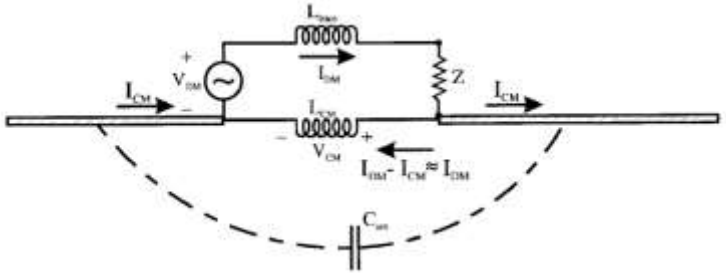
Emissioni differenziali

- Le emissioni irradiate dovute alle correnti differenziali dipendono dalle correnti, dalla frequenza e dall'area della maglia differenziale. Questi ultimi due parametri sono quelli più controllabili dal progettista.
- A clock 10 volte più rapidi, otteniamo campi elettrici irradiati 100 volte più forti. Utilizzare i vecchi metodi di progettazione rende impossibile il passaggio dell'omologazione.

VOLTA S.p.A.

Emissioni differenziali

- Occorre minimizzare le aree, come quella in figura, racchiusa nella maglia della corrente I_{DM}... ma come fare con stampati con migliaia di maglie?
- L'unica soluzione sono i software di simulazione.

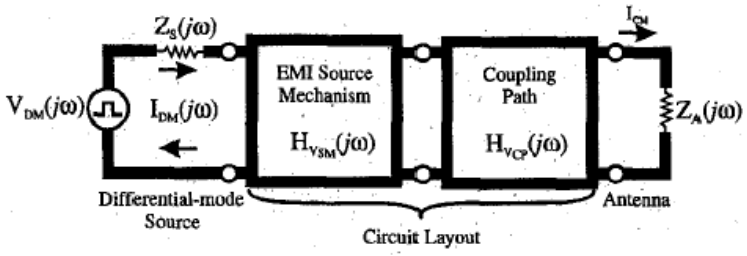


Emissioni CM current driven

- I problemi maggiori sono legati ai disturbi di modo comune da 100MHz a 1GHz e alle loro risonanze.
- Riprendendo la maglia differenziale, se vi aggiungiamo due appendici metalliche verso massa, l'induttanza di questa determina una caduta di potenziale $V = L_{massa} \, {}^{dI}/_{dt}$ che stimola l'antenna dipolo formata dai due cavi.
- Quando i cavi sono a ${}^{\lambda}/_{4}$, l'energia viene tutta irradiata.

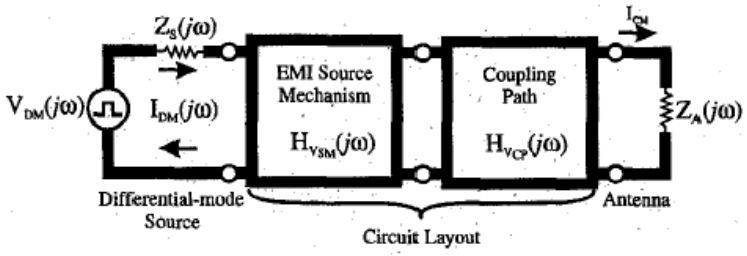
Emissioni CM current driven

- La tensione di modo comune iniettante nei cavi deriva dalla sorgente differenziale.
- Occorre quindi individuare l'antenna non intenzionale tra gli elementi metallici di dimensioni comparabili con la lunghezza d'onda alla frequenza a cui l'emissione supera i limiti applicabili.



Emissioni CM current driven

- Occorre quindi cercare V_{DM} che causa la conversione DM-CM.
- Per cavi corti rispetto a $\lambda/_4$, il campo emesso cresce di 40dB per decade di frequenza: utile per distinguere il contributo in corrente da quello in tensione che varia di 20dB per decade.



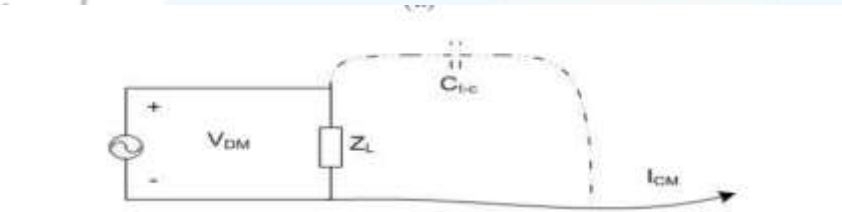
Emissioni CM voltage driven

- A carico Z della maglia differenziale basso, è forte la componente current driver I_{DM}.
- Se il carico ha alta impedenza, quale quella di un receiver CMOS da 10pF, circolerà poca corrente e parleremo di disturbi voltage driven.

VOLTA S.p.A.

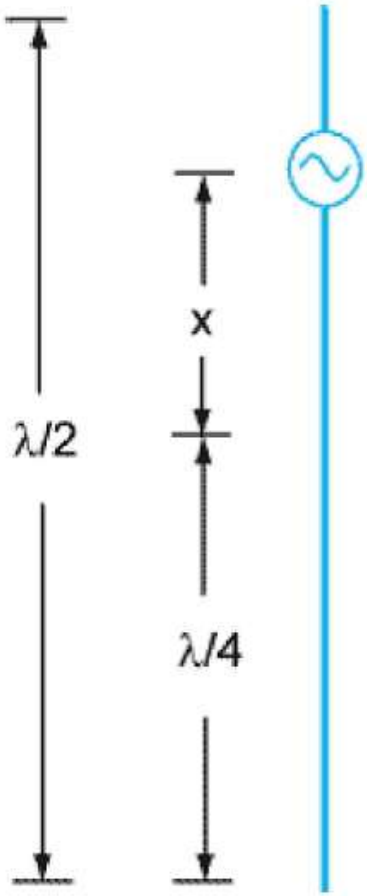
Emissioni CM voltage driven

- Imponiamo un carico infinito e annulliamo la componente current driven. Rimane un'emissione di modo comune indipendente dal segnale nei cavi.
- La capacità parassita tra la traccia del segnale e il cavo inietta una corrente di modo comune I_{CM}, la cui origine è la tensione differenziale.



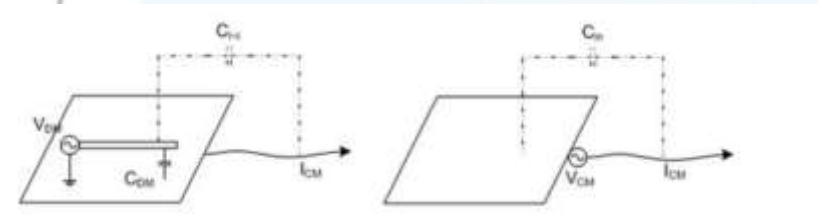
Emissioni CM voltage driven

- Se il disturbo in corrente dipende da L, il disturbo in tensione, dipende da C.
- Il circuito equivalente corrisponde ad un dipolo asimmetrico.
- Per minimizzare il disturbo, occorre minimizzare la lunghezza di uno dei due elementi.



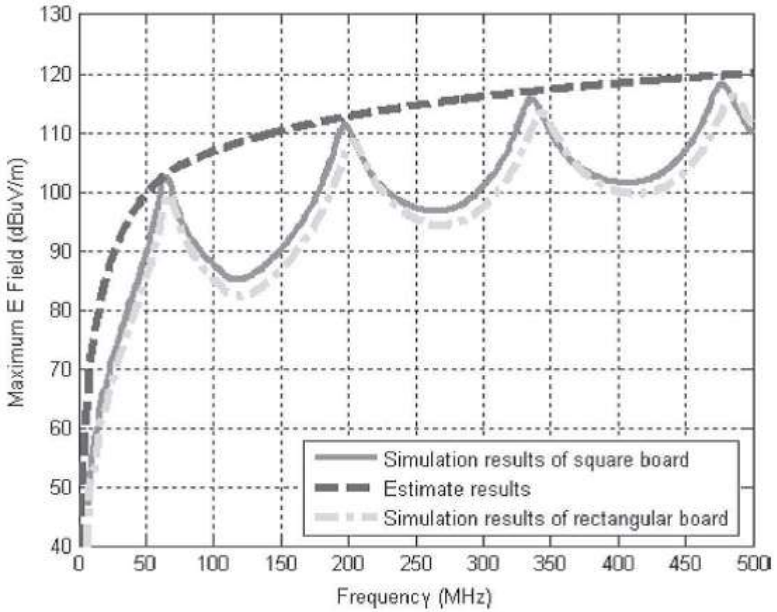
Emissioni CM

- Nei casi pratici troviamo entrambi i contributi, sia current, sia voltage driven.
- Il calcolo di V_{CM} a partire da V_{DM} si ottiene da un parametro «squilibrio» dipendente dalla asimmetria nel punto di transizione tra massa e cavo.



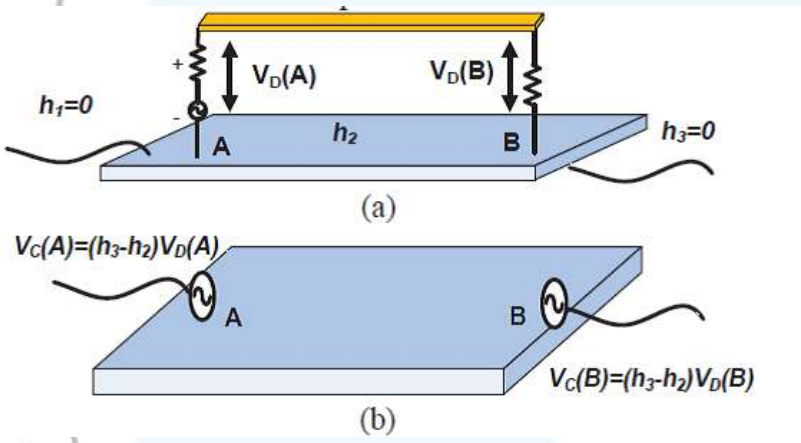
Emissioni CM

- Si può tracciare il campo massimo emesso in funzione delle dimensioni del cavo e del piano di riferimento per l'antenna unipolare.
- La figura mostra che la forma dello stampato non modifica le emissioni in modo sostanziale.



Emissioni CM

- Le figure illustrano il caso peggiore con presenza dei due tipi di contributo.
- Il parametro di squilibrio h sarà dipendente sia da induttanze, sia da capacità parassite.



since 1952

VOLTA® S.p.A.

Competenza ed entusiasmo per soluzioni tecniche

Grazie per l’attenzione!