La terra e la sua importanza

La terra e la sua importanza

- La terra è importante, ma non lo è per il progettista elettronico!
- Il comportamento elettromagnetico della terra non è definito e questo fatto costituisce un grosso inconveniente.
- Per liberarci di questo inconveniente, in sito aperto annulliamo l'effetto del terreno con una rete o un foglio di lamiera.
- Chi pensava di scaricare i disturbi sulla terra e quindi neutralizzarli con un collegamento metallico al terreno sbagliava perché le correnti scorrono in maglie ed i disturbi sarebbero comunque ricomparsi.

La terra e la sua importanza

- La presa di terra ha scopi di sicurezza perché permette alle correnti impulsive del fulmine, esterne all'edifico, di richiudersi nel suolo senza penetrare nell'edificio
- Il filo di terra ha funzioni di sicurezza: se una parte metallica viene in contatto con la fase si realizza un corto circuito che viene subito intercettato da una protezione differenziale con successivo intervento di manutenzione di ripristino a seguito dell'eliminazione del guasto.
- Il filo di terra non è normalmente percorso da corrente e si mantiene equipotenziale soltanto se in esso non scorre corrente; a frequenze superiori al MHz, la sua induttanza determina forti differenze di potenziale tra i suoi punti quando vi scorre una corrente.

La terra e la sua importanza

- Il PE gialloverde non svolge quindi funzioni utili di controllo dei disturbi EM ma di sola protezione.
- L'EMC si occupa dei disturbi e non della sicurezza elettrica; visto che un prodotto che passa le prove EMC non si può vendere se non è sicuro, prima risolviamo i problemi di sicurezza elettrica e poi ci muoviamo sulla parte di compatibilità elettromagnetica.
- Il progettista elettronico deve rispettare tutte le esigenze della sicurezza e con la creazione di suoi riferimenti di massa andrà a collegarsi con l'esistente impianto di sicurezza senza modificarne le prestazioni.
- Il progetto elettronico quindi non sfrutta la terra, né ha molto a che fare con la terra.

La massa e la sua importanza

- In ambito EMC siamo abituati a chiamare i riferimenti di tensione con il nome di «massa». Non li chiamiamo quindi «terra».
- Gli anglosassoni aiutano ad aumentare la confusione: da una parte dell'oceano si usa la parola earth (terra) sia per la sicurezza che per i disturbi, dall'altra si usa ground (massa).
- I puristi del linguaggio chiamano massa una grande massa metallica (componente meccanico e non elettrico o elettronico) come una scatola conduttiva o un raffreddatore.
- Noi continuiamo perciò a chiamare impropriamente massa il riferimento di tensione dei nostri circuiti perché abituati a tradurre, ad esempio, il «ground plane» di una scheda digitale «piano di massa» anziché in piano di 0 Volt.

La massa come riferimento

- Se vogliamo che $V_{ricevuto} = V_{trasmesso}$ quando due unità si scambiano un segnale in tensione, occorre che i riferimenti delle due tensioni siano allo stesso potenziale. In caso contrario, tra le due tensioni ci sarà un ΔV pari alla caduta di tensione sulla struttura di riferimento.
- Per analogia, se voglio calcolare il dislivello tra due località per capire se il mio fisico mi permetterà la gita in mountain bike, ricorro alla quota del mare come terzo livello di riferimento: questa sarà sempre la medesima, ovunque mi muova sulla carta geografica.
- Il progettista ha bisogno di una linea o superficie equipotenziale e questa è la definizione classica di massa. Purtroppo la definizione è utopistica perché, al passaggio di corrente, l'impedenza parassita del riferimento determina un $\Delta V = Z \cdot I$ e Z è induttiva alle alte frequenze.

Definizione di massa

- Per evitare di essere troppo teorici e poco pratici, identifichiamo la massa (nostro riferimento) come il percorso di ritorno delle correnti dei segnali e delle alimentazioni. Noi ne diamo una definizione in corrente – anziché in tensione – ma tensione e corrente sono legate dalla relazione $V = Z \cdot I$.
- Quanto più bassa sarà l'induttanza delle correnti di ritorno, tanto più ci avvicineremo alla massa ideale della definizione classica.
- Il problema primo della compatibilità elettromagnetica consiste nella individuazione dei percorsi di ritorno delle correnti (quelle che mancano negli schemi elettrici e nei disegni dei cablaggi) e nella minimizzazione delle loro impedenze.

Esiste la massa perfetta?

- No. La massa perfetta non esiste. La massa perfetta è come il sacro Graal: tutti lo cercano e nessuno lo trova.
- Due progettisti possono escogitare due diversi schemi di massa entrambi soddisfacenti e una massa non ottimale può comunque consentire il superamento delle prove EMC.
- Perché allora spendere sforzi per progettare una buona massa? Perché una buona massa farà risparmiare filtri, schermi, soppressori... ovvero interventi EMC con costi in produzione, mentre una buona massa ha soltanto il costo dello sviluppo.
- Il progettista deve perseguire la ricerca di una buona massa con la convinzione che lo sforzo porterà ad una successiva riduzione dei costi.

Utilità di una buona massa

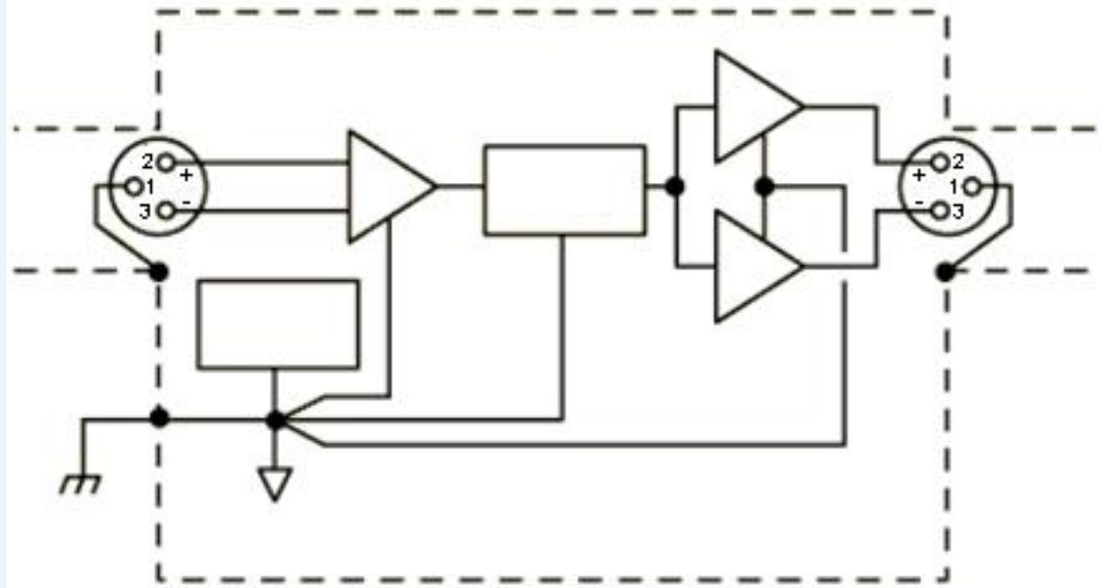
- Una buona massa:
  - Limita le emissioni verso l'esterno.
  - Limita le suscettibilità da disturbi esterni.
  - Limita gli accoppiamenti interni.
- Una buona massa fornisce quindi un importante contributo per tutte e tre le applicazioni tipiche della EMC: emissione dei disturbi, effetto dei disturbi ricevuti e compatibilità tra le parti interne.
- Da qui è facile riconoscere perché valga la pena che il progettista dedichi parte del tempo di progetto allo studio della massa.

I livelli di architettura

- Parliamo di massa per un sistema composto di più scatole interconnesse, di massa all'interno di una singola scatola, di massa di una scheda, di un circuito, di un singolo integrato.
- Il problema della massa riguarda tutti i livelli in cui si può scomporre un prodotto elettronico perché lo scambio di segnali riguarda tutti i livelli.
- Se lo schema di massa ai diversi livelli è omogeneo, il progetto ne guadagna; sovente, però, operano progettisti differenti ai vari livelli ed ognuno adotta un suo proprio schema di massa.
- Per nostra comodità, pertanto, nelle figure che seguono, possiamo immaginare i blocchi rettangolari come fossero integrati, schede o scatole...

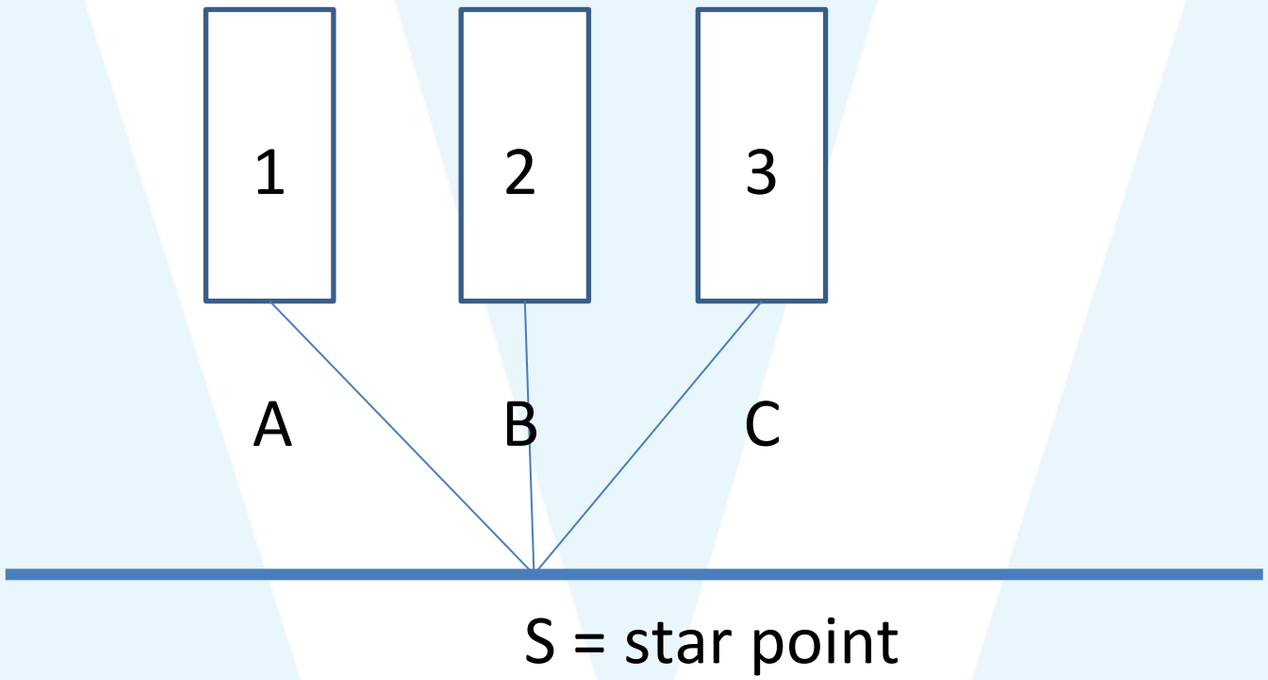
Schemi di massa

- Gli schemi di massa in uso sono:
  - punto singolo
  - multipunto
  - ibridi



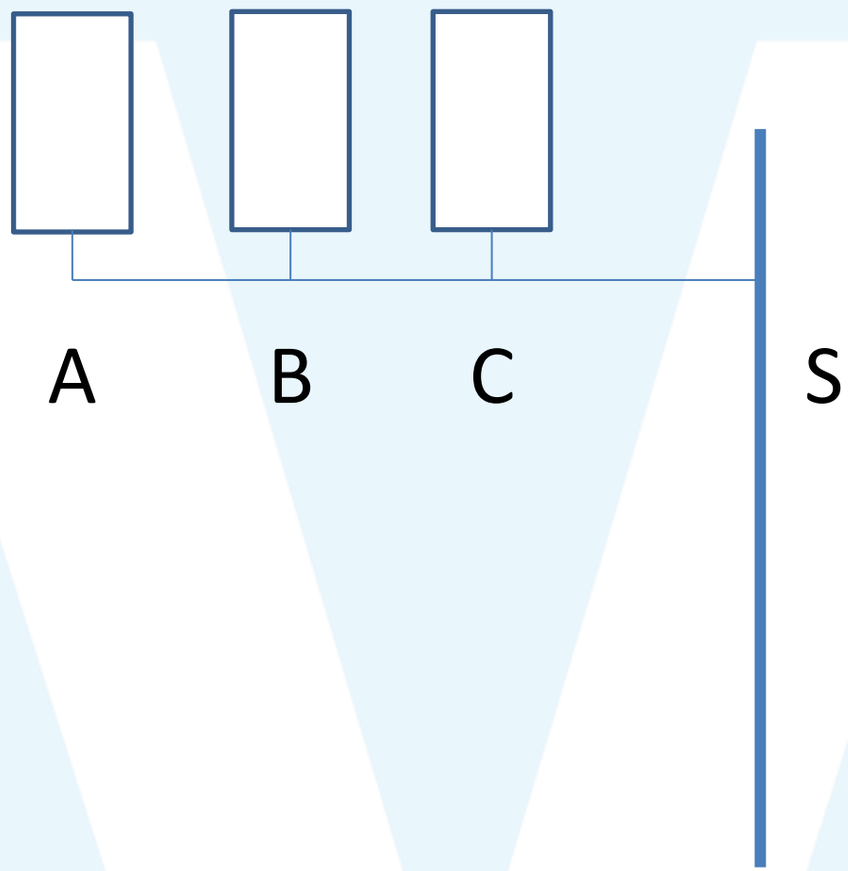
Massa a punto singolo

- La massa a punto singolo – Star Point – è come in figura
- Le correnti nei collegamenti di massa A-S, B-S, C-S sono indipendenti e non ci sono accoppiamenti tra le unità 1, 2 e 3.
- Il collegamento parallelo delle tre unità evita gli accoppiamenti condotti tra le medesime

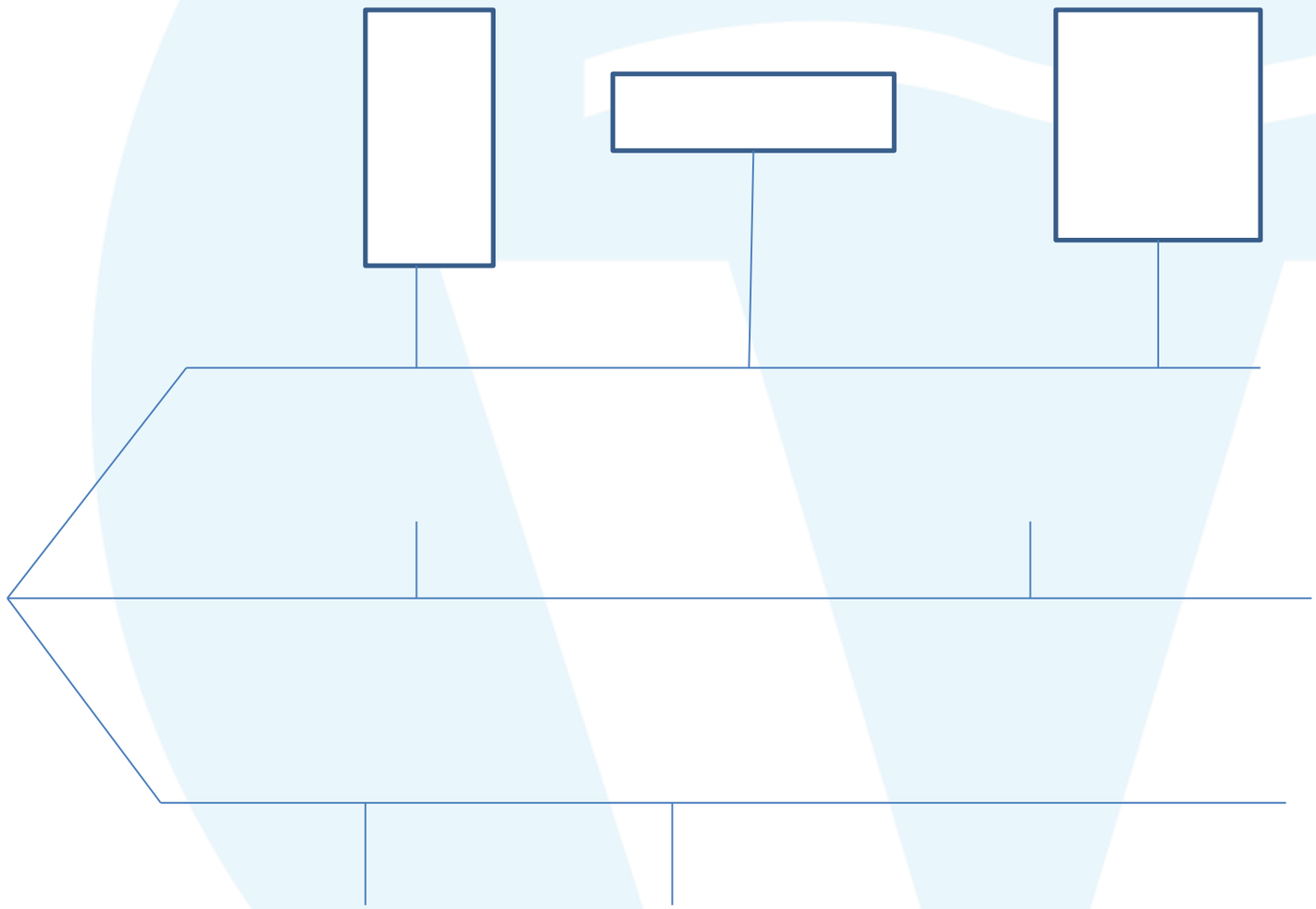


Massa a punto singolo

- Nella configurazione seriale le correnti delle unità hanno percorsi comuni ed i disturbi di una unità si accoppiano sulle altre



Massa a punto singolo



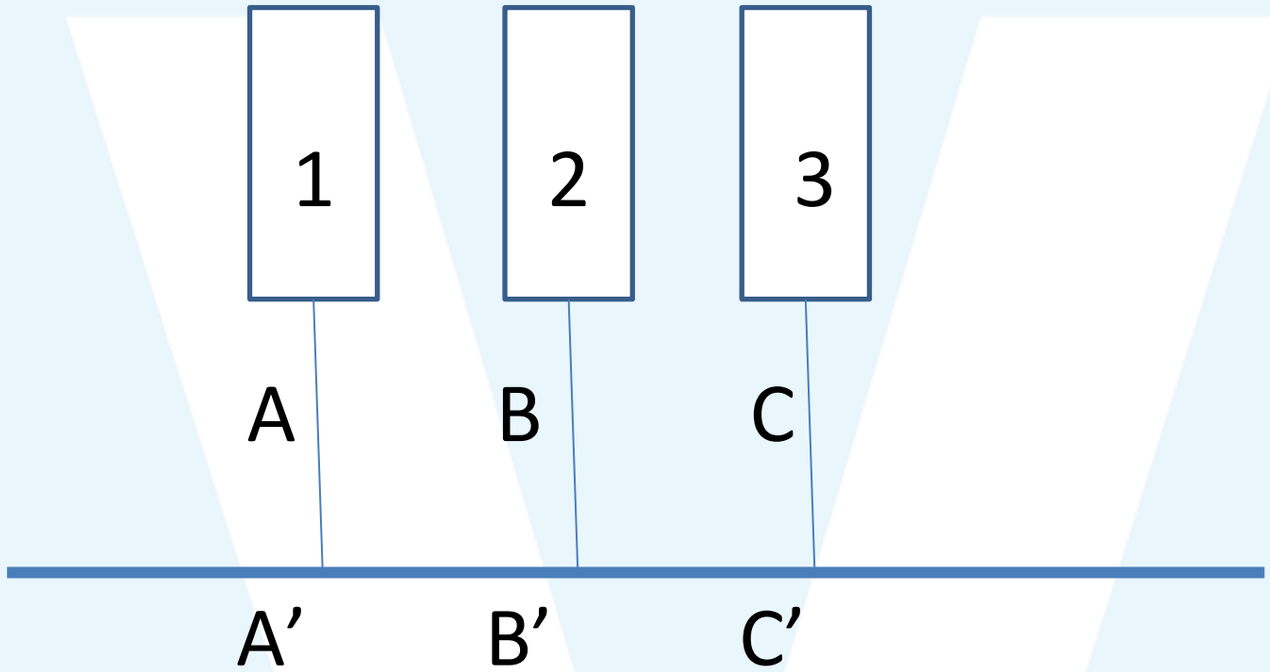
aggressivo

medio

quieto

Massa multipunto

- Alle alte frequenze, le induttanze parassite aprono i collegamenti e le capacità ne richiudono di nuovi; lo schema di massa a punto singolo si trasforma in multipunto



Masse ibride

- Le masse ibride costituiscono casi intermedi tra massa a punto singolo e massa multipunto e sfruttano il differente comportamento in frequenza di induttori e condensatori.
- Un'induttanza è un circuito chiuso a bassa frequenza ed aperto ad alta frequenza. Una capacità si comporta in maniera opposta.
- Si possono così realizzare masse multipunto a bassa frequenza e a punto singolo ad alta frequenza o vice versa.
- Senza entrare in dettaglio, perché di uso infrequente, possiamo immaginare l'analogia con la terminazione dello schermo di un cavo tramite un condensatore: a bassa frequenza lo schermo non è terminato perché il condensatore è un circuito aperto, mentre risulta terminato ad alta frequenza perché il condensatore diventa un corto circuito.

Massa nelle schede

- La massa si realizza con un piano continuo che deve stare molto vicino allo strato dei componenti e delle piste. Se possibile (ma servono almeno 6 strati), la massa deve stare vicino anche al piano delle alimentazioni degli integrati.
- Servono almeno 4 strati.
- Se gli strati sono pochi, non devono essere equidistanti.
- La massa deve essere unica sia per l'elettronica digitale sia per quella analogica, con poche eccezioni da valutare caso per caso.
- Masse separate comportano in generale grossi inconvenienti.
- I collegamenti a massa di componenti e circuiti devono essere molto brevi.
- Più piani di massa ben collegati migliorano le prestazioni EMC.

Massa nelle schede

- Occorre portare il riferimento di tensione un po' ovunque ed in particolare nei punti delicati.
- Sotto FPGA o ASIC si posiziona un piano metallico nel primo strato superficiale, collegato in più punti al piano di massa sottostante.
- I riempimenti di aree devono essere controllati con collegamenti frequenti al piano di massa (ogni max $\lambda/10$): meglio se soltanto sui piani esterni, più per i circuiti analogici che digitali e mai di forma stretta ed allungata.
- Meglio evitare i riempimenti nelle schede digitali, se non richiesti dal bilanciamento del rame.
- Un anello di guardia sui vari layer, ben collegato al(i) piano(i) di massa offre protezione riducendo le emissioni irradiate dai bordi.

Massa nelle scatole

- I piani di massa delle schede devono avere collegamenti corti (non induttivi fino alla massima frequenza dei disturbi) con il contenitore metallico, quanto meno dove è posizionato l'oscillatore o il micro e vicino ai connettori di I/O.
- Molti collegamenti abbassano l'induttanza del piano di massa.
- Possono essere utili per combattere le risonanze tra piano di massa e contenitore metallico.

Massa nei sistemi

- Si realizza una tecnica multipunto con una struttura metallica di riferimento (aerei, satelliti, autoveicoli...).
- Nei centri di calcolo, una rete metallica sul pavimento funge da griglia e cioè da piano di massa.
- Negli impianti industriali si ottiene una struttura di riferimento con elementi metallici imbullonati, facendo correre i cavi di collegamento degli armadi in canaline metalliche e aggiungendo altri fili di massa. Funziona per disturbi a frequenza non alte.
- Per distanze forti o si ricorre alla fibra ottica o a schermature e tecniche di filtraggio per il modo comune.
- Occorre sempre badare ad avere ritorni dei segnali vicini alle andate per ridurre le aree concatenate e con la struttura di riferimento vicina per contenere il modo comune.