

## Microcontrollori e compatibilità elettromagnetica: un metodo di progetto per l'eliminazione dei disturbi radiati dal circuito di clock.

Gabriele Baldi

gb Ingegneria – Opuscolo Tecnico 20041210

*Abstract* - Nel presente opuscolo tecnico viene analizzato il problema dei disturbi radiati generati dal circuito di clock dei microcontrollori. Viene quindi proposta la soluzione circuitale ideale per minimizzare tali disturbi.

### I - INTRODUZIONE

Un microcontrollore, come ogni rete sequenziale sincrona, richiede un segnale di sincronismo o clock. Esistono numerose soluzioni che vanno da oscillatori RC interni, fino ai multivibratori basati su quarzi o risonatori ceramici esterni. In tutti quei casi nei quali è impossibile prescindere dall'uso di un quarzo è necessario porre assoluta attenzione alla progettazione del circuito stampato (o PCB, Printed Circuit Board) in quanto così facendo si possono evitare numerosi problemi di compatibilità elettromagnetica, soprattutto legati alle emissioni radiate.

### II – ANALISI DEL PROBLEMA

Per riuscire a disegnare un buon PCB occorre anzitutto comprendere i meccanismi che portano a generare i disturbi radiati, spesso così difficili da localizzare ed eliminare.

Si consideri un semplice circuito stampato rame doppia faccia, 35 $\mu$ m di spessore e, sul lato superiore, si stampi una traccia che segua quasi tutto il bordo, in modo da formare una spira rettangolare a forma di "U", come in Figura 1. Sul lato inferiore si lasci invece tutto il rame invariato. Agli estremi A e B della spira si realizzino due via-holes metallizzate in modo da cortocircuitare la spira con il piano conduttore del lato inferiore.

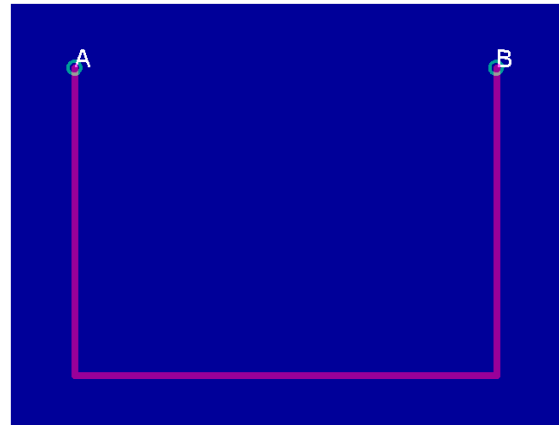


Figura 1 - Spira ad "U" su PCB doppia faccia.

Si supponga che una corrente sinusoidale di frequenza  $f$  fluisca da A a B sul piano superiore attraverso la spira e che poi si richiuda da B ad A attraverso il piano sottostante.

Se la frequenza è nulla, ovvero nel caso continuo ( $f=0$ ), la corrente si richiuderà da B ad A seguendo il percorso a minore resistenza, che sostanzialmente significa percorso a minore cammino. L'andamento della corrente è sul piano inferiore è quindi quello mostrato in Figura 2. Se invece  $f$  è diversa da 0 (e in particolare se è sufficientemente  $>0$ ) lo stesso ragionamento continua a valere a patto di sostituire resistenza con impedenza [1]. Ovvero la corrente si richiuderà da B ad A seguendo il percorso a minore impedenza, che non necessariamente equivale al percorso con minore cammino.

Infatti il primo degli effetti che si può osservare se la frequenza è diversa da 0, è il comportamento induttivo della spira di corrente, la cui reattanza vale  $2p\omega L$ , essendo  $L$  l'induttanza della spira stessa. E' poi noto come l'induttanza sia proporzionale all'area della spira: in definitiva, se  $f \gg 0$ , la corrente non può continuare ad avere l'andamento mostrato in Figura 2,

ma si ridistribuirà sul piano inferiore in modo da minimizzare l'area della spira. Per frequenze sufficientemente alte l'andamento non può che essere quello mostrato in Figura 3, ove si vede che essa segue un percorso di lunghezza non minima da B a A.

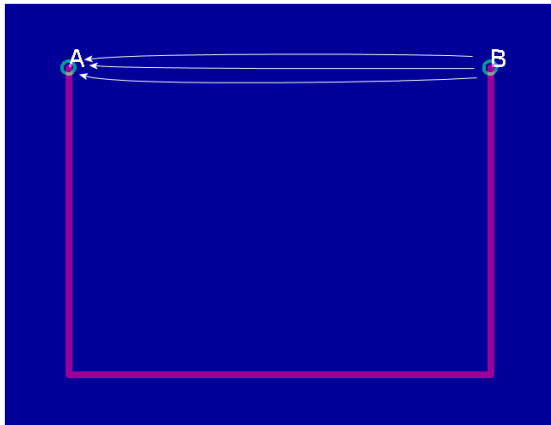


Figura 2 - Corrente nel caso  $f=0$ .

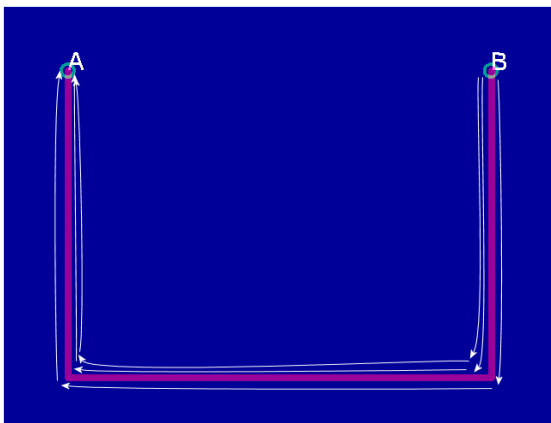


Figura 3 - Corrente nel caso  $f \gg 0$ .

Da queste semplici considerazioni si evince quindi che, in alta frequenza, le correnti “di ritorno”, ovvero quelle che appartengono al piano inferiore (o piano di massa), tendono a disporsi il più vicino possibile alle relative correnti “di andata”, ovvero quelle appartenenti al piano superiore.

Proseguendo nel ragionamento si osservi infine che una spira di area  $A$ , sottoposta ad una corrente  $I$  a frequenza  $f$ , genera un campo elettromagnetico radiato con efficienza sostanzialmente proporzionale all'area  $A$  (antenna a loop). Di conseguenza, nel caso di Figura 3, essendo l'area della spira pressoché nulla, il campo radiato è esso stesso pressoché nullo.

### III – APPLICAZIONE

L'obiettivo del disegno di un buon PCB non è certo quello di generare campo elettromagnetico e questo vale a maggior ragione ove si abbia a che fare con circuiti potenzialmente in grado di farlo, come ad esempio nel caso dei circuiti di clock dei microcontrollori. Qui, infatti, i tipici quarzi hanno delle frequenze di risonanza di 4MHz, 8 MHz o anche oltre, per cui questi circuiti sono in grado di generare campo in vasti spettri di frequenza, fino a impedire il superamento dei test di EMC.

Per quanto osservato sopra, la soluzione per impedire che un tale circuito irradi campo è quella di fare in modo che le correnti di ritorno passino sempre il più vicino possibile alle correnti di andata. In tal modo l'efficienza radiativa del loop sarà minimizzata e, con essa, anche il campo elettromagnetico.

Dal punto di vista pratico andrà sempre evitato di tracciare piste nel lato inferiore sotto ai percorsi di andata, lasciando sempre il rame necessario alla richiusura. Nel caso in cui ciò sia impossibile, occorrerà fare in modo che la pista attraversi il percorso di andata con il minimo spazio possibile, così come mostrato in Figura 4, nell'esempio di destra [2], [3]. Sempre nella stessa figura, a sinistra è invece mostrato un esempio di tracciamento errato di una pista sul lato inferiore, che interrompe la corretta richiusura della corrente della traccia sul lato superiore, dando origine ad un loop di corrente di area elevata.

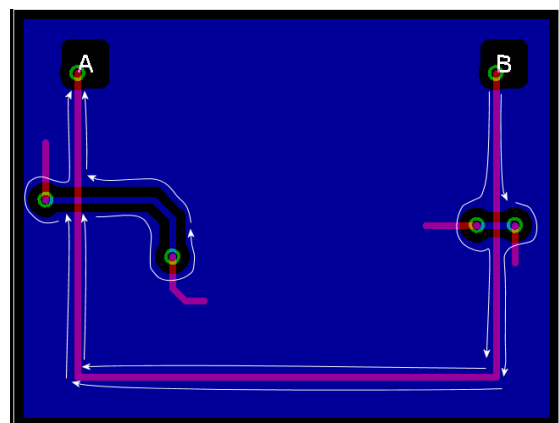


Figura 4 - Piste tracciate nel lato inferiore.

Questi accorgimenti vanno utilizzati ovunque siano presenti dei circuiti con segnali digitali ad alta velocità e quindi, nel caso in esame, su tutti i conduttori che afferiscono al quarzo o risonatore ceramico e, non ultimi, ai conduttori che alimentano il circuito stesso, che non sono altro che alimentazione e massa dell'intero microcontrollore.

Risulta infatti evidente che la corrente che alimenta il generatore di clock è fornita direttamente dai pin di alimentazione, che sono così soggetti a correnti variabili almeno con la stessa frequenza.

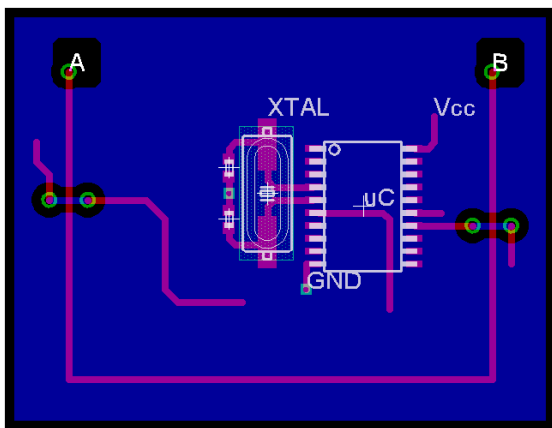


Figura 5 - Soluzione ottimale.

L'applicazione di queste regole generali porta quindi alla soluzione proposta in Figura 5, ove è mostrato un microcontrollore con package in tecnologia a montaggio superficiale, il cui circuito di clock è composto da un quarzo ad 8MHz e da due condensatori ceramici da 33pF.

Il lato inferiore è invece connesso a massa ed è ben evidente come ogni segnale digitale ad alta velocità abbia sotto ad esso il relativo piano per la richiusura delle correnti, ivi compreso il conduttore di alimentazione sul pin 20 del circuito integrato.

#### IV – CONCLUSIONI

Nel presente opuscolo è stato trattato il problema del campo elettromagnetico radiato dai circuiti digitali ad alta velocità e ne è stata fornita una soluzione con particolare riferimento ai circuiti di clock dei microcontrollori. La tecnica proposta è quella dello

studio dei percorsi delle correnti ad alta frequenza, in modo da permettere un percorso di richiusura ad impedenza minima.

#### RIFERIMENTI

- [1] R. Schmitt, "Electromagnetic Explained", Elsevier Science, New York, 2002.
- [2] AP2426, "EMC Design Guideline for Microcontroller Board Layout", Infineon Technologies, 2001.
- [3] AVR040, "EMC Design Considerations", Atmel Corporation, 2000.



Gabriele Baldi è nato a San Giovanni Valdarno (Arezzo) nel 1972. Si è laureato in ingegneria elettronica nel 1998 presso l'Università degli Studi di Firenze, ove ha poi partecipato ad un progetto di ricerca in collaborazione con la Marina Militare Italiana. Dal 1999 al 2000 ha lavorato nel Corpo Ingegneri dell'Esercito Italiano. Dal 2000 al 2001 è stato progettista elettronico presso MagneTek S.p.A., multinazionale del settore power-electronics. Si occupa attualmente di progettazione elettronica, elettrica e di didattica elettronica. E' fondatore e coordinatore di *gb* Ingegneria ([www.gb-ing.it](http://www.gb-ing.it)).

OT20041210

Tutti i diritti riservati

©2004 by *gb* Ingegneria

[www.gb-ing.it](http://www.gb-ing.it)