

L'iter di sviluppo di un modulo ricevitore per stazione di misura selettiva di campi elettromagnetici ambientali

Domenico Festa (*), Alessandro Gandolfo (**), Alessandro Torrini (**)

(*) IBD International Business Development, Via San Rocco 8/a 25032 Chiari (BS)

(**) PMM Costruzioni Elettroniche, Via Benessea 29/b, 17035 Cisano sul Neva (SV)

ibd@iol.it

***Abstract** – A very basic element in the design and the manufacturing of a frequency-selective monitoring station for environmental electromagnetic fields is the receiver. This short paper deals with the major design criteria adopted by PMM to meet the specifications defined within an Italian Research Program on the assessment of the levels of e.m. fields in the environment.*

Introduzione

Attualmente, mentre esistono sul mercato sofisticate reti automatizzate per il monitoraggio dell'inquinamento dell'aria e delle acque, non sono disponibili in commercio sistemi che permettano di eseguire misure e controllo continuativi di campo EM in maniera selettiva, secondo modalità tecnicamente valide e nel rispetto delle vigenti disposizioni di legge.

Per la realizzazione di tali sistemi è necessario, in primo luogo, lo sviluppo di una nuova classe di ricevitori di misura dedicati, alimentati da opportuni sensori/antenne e da integrarsi in idonee stazioni di misura equipaggiate per l'elaborazione e la trasmissione dei dati.

Nell'ambito del programma di ricerca legge 95/95, attuato con decreto MURST del 16/12/1997, PMM ha operato come unità operativa industriale sulla linea di ricerca 2 "Misura dei livelli di campo elettromagnetico nell'ambiente", tema 2.2 "Tecniche, strumentazione e procedure di misura dei campi elettromagnetici" con il seguente oggetto specifico: "Progettazione e realizzazione della parte hardware di moduli ricevitori per l'analisi e la misura di segnali elettromagnetici presenti nell'ambiente".

La scelta è ricaduta su PMM in considerazione dell'esperienza e delle capacità della società, leader a livello internazionale nella strumentazione di misura per EMC e per campi a RF.

Nel seguito un breve sommario delle principali attività svolte durante i primi anni del progetto presentate nella sequenza logica con cui sono state affrontate.

Criteri costruttivi e Attività svolte

La valenza del progetto risiede, da una parte, nello sviluppo di un prodotto che permetta la valutazione oggettiva e automatizzata dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici; dall'altra, nella realizzazione di un prodotto innovativo a basso costo e facilmente interfacciabile, nel modo più elementare possibile, con sistemi esterni digitali di trattamento dell'informazione.

Una volta di più sono da sottolineare i criteri progettuali e costruttivi che sono alla base di tutta l'attività svolta da PMM:

- utilizzo di componentistica a basso costo e facilmente reperibile;
- indipendenza dal sistema di acquisizione segnali (sensore/antenna) e dal sistema di trattamento "post-ricevitore";
- ridotta manutenzione; capacità autodiagnostica, facilità di riparazione e taratura;
- affidabilità, trasportabilità e intercambiabilità del modulo ricevitore;
- Basso consumo;

- installazione rapida, senza necessità di intervento di tecnici specializzati (conseguenza dei due punti precedenti);

Lo svolgimento delle attività è peraltro avanzato secondo consolidati criteri di gestione del progetto attraverso le seguenti fasi principali.

1. Verifica preliminare della fattibilità - in termini funzionali, di tempi e di costi - di un ricevitore basato su tecnologia DSP (Digital Signal Processing).

Per poter avere un termine di paragone, si è utilizzata la scheda principale di un ricevitore PMM - il PMM 7000 - e su questa sono state fatte numerose analisi circuitali di dettaglio per determinare esattamente - e simultaneamente su numerosi punti - livelli e andamento dei segnali durante l'utilizzo del ricevitore stesso. In parallelo si sono effettuate una nutrita serie di analisi su schede commerciali "DSP Evaluation Board" per verificare la possibilità di integrare funzioni digitali al massimo livello in una scheda di tipo analogico.

Tutte queste attività sono state mirate al progetto di un modulo ricevitore in chiave DSP, e hanno consentito di determinare la non-fattibilità di detto modulo ricevitore basato su detta tecnologia, non tanto per ragioni tecniche, quanto per questioni di costi prima di tutto e poi per i tempi relativamente stretti concessi al progetto.

Infatti i DSP disponibili sul mercato sono in grado di processare segnali solo sino ad alcune centinaia di MHz, pertanto una prima parte analogica e almeno due conversioni a due diverse IF (frequenze intermedie) servono in ogni caso. Considerato quindi che non vi è semplificazione circuitale, ma anzi che si deve aggiungere alla parte analogica tradizionale anche tutta una parte digitale per effettuare le campionature, sorgenti per filtri in quadratura e quant'altro necessario ad un funzionamento efficace del DSP, vengono a mancare alcune delle ragioni principali per fare ricorso a questa tecnica, che sono la semplificazione circuitale, il ricorso a componentistica a basso costo e la provata affidabilità. Ultimamente sono apparsi componenti digitali che lavorano sino a un paio di GHz, ma purtroppo le minime frequenze di ingresso si aggirano sulle centinaia di MHz, rendendo inutile il componente per questa applicazione.

Infine, lo stanziamento delle risorse necessarie allo sviluppo del firmware e del software necessari a far funzionare il ricevitore risulta troppo oneroso soprattutto in termini di tempi di sviluppo.

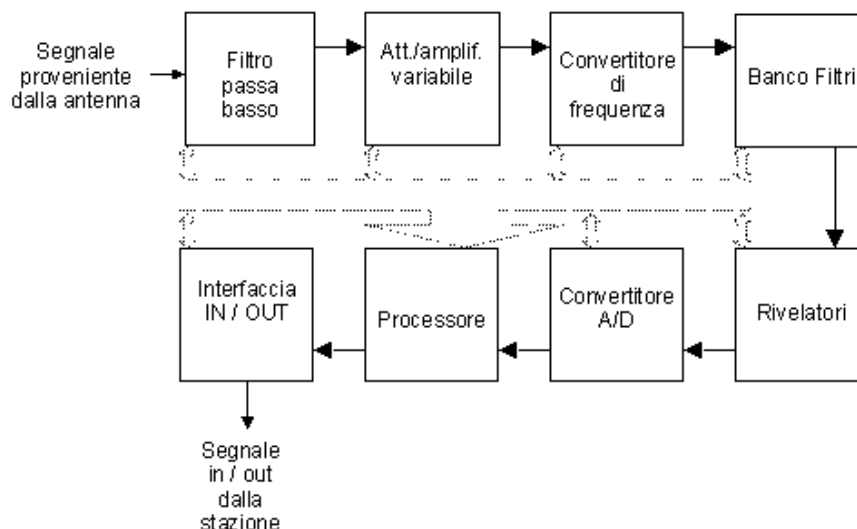
1. Progettazione di dettaglio e prima prototipazione dei moduli ricevitori per le frequenze sino a 1 GHz.

Avendo ben chiaro l'obiettivo di produrre una scheda ricevitore dal costo più basso possibile, compatibilmente con il rispetto delle prestazioni dichiarate in specifica, PMM si è mossa studiando il problema, progettando una soluzione e documentando le decisioni intraprese e le scelte tecniche e circuitali seguite. In particolare va sottolineato che, pur utilizzando criteri di progetto consolidati e una architettura ormai collaudata, il progetto recepisce in toto le esigenze specifiche e gli obiettivi di linea, rappresentando un buon compromesso tra funzionalità, economia, facilità d'uso e robustezza.

Grande cura è stata posta nell'attenta analisi di ciascun circuito al fine di ricercare con assiduità la soluzione che garantisse il minor consumo possibile, con risultati particolarmente significativi in questo senso.

Alla luce dei risultati ottenuti il nuovo schema a blocchi della parte di pertinenza PMM può pertanto essere raffigurato secondo la seguente architettura di massima, ora non più

soggetta a variazioni dato che l'hardware del modulo ricevitore può dirsi a punto sino ad 1 GHz:



2. Studio dei filtri e delle larghezze di banda selezionabili.

Inizialmente si era pensato di utilizzare filtri che consentissero di andare dai 10 kHz – adatti per trasmissioni analogiche a frequenze relativamente basse – sino ai 5 MHz del segnale UMTS ai 7 e 8 MHz di segnali broadcast vari.

Questo però avrebbe significato delle IF molto elevate (la più bassa attorno al centinaio di MHz) che avrebbero inevitabilmente portato ad un modulo ricevitore estremamente oneroso e complesso, in quanto per garantire le prestazioni di selettività e sensibilità richieste si sarebbero dovuti progettare e costruire ad hoc tutti i filtri e tutti i componenti delle varie IF.

Alcune valutazioni preliminari effettuate in collaborazione con l'IROE/IFAC ci fanno ritenere con buona confidenza che i segnali con la larghezza di banda maggiore possano però essere misurabili anche con filtri più stretti, una volta che si applichino – via software – appropriati coefficienti correttivi. Il segnale UMTS ad esempio è sì largo circa 5 MHz, ma è costante in livello, pertanto la misura con un filtro di 1 MHz in banda fornisce tutti gli elementi necessari alla stima esatta e completa del contributo di questo segnale. Si è pertanto deciso di ridurre il numero delle larghezze di banda selezionabili a 3: 10 kHz, 200 kHz e 1 MHz.

3. Progettazione di un convertitore di frequenza (“Down-Converter”) per le frequenze superiori sotto forma di modulo esterno da applicare al ricevitore sino a 1 GHz.

L'obiettivo è quello di estendere sino a 2,5 GHz la copertura in frequenza solo quando ve ne sia un reale bisogno, senza appesantire inutilmente i ricevitori con circuiti e soluzioni di cui in molti casi si può tranquillamente fare a meno. Balzano immediatamente all'occhio gli indubbi ed evidentissimi risparmi in termini di costi, di consumi e di affidabilità di una soluzione di questo genere.

Dato che il convertitore è di fatto un modulo aggiuntivo al ricevitore totalmente gestito da questo – e che di questo usa pure le interfacce verso l'esterno – non si dovrebbero avere problemi di comunicazione o di compatibilità con la restante parte della stazione di misura: le uniche difficoltà che ci si aspettano sono quelle dettate dal fatto che si vuole un convertitore a costo basso e con certe caratteristiche di funzionamento specifiche.

Su questo fronte le attività sono ancora in corso: a breve si prevedono le prime prove funzionali su diverse soluzioni circuitali e sottoassiemi del convertitore. Conseguiti questi primi obiettivi, “strumentali”, si proseguirà con vere e proprie prove sperimentali fatte sul ricevitore equipaggiato anche con il convertitore di frequenza, e, possibilmente, inserito in prototipi “completi” di stazione di misura, così da verificare la funzionalità di tutto l’insieme.

Specifiche aggiornate del modulo ricevitore base (sino a 1 GHz)

Frequenza operativa:	100 kHz – 1 GHz
Passi di frequenza:	≤ 10 kHz
Setting error:	< 3 ppm
Impedenza d’ingresso:	50 Ω
VSWR:	<1,2 dB con 10 dB di attenuazione; < 2dB con 0 dB di attenuazione
Massimo segnale in ingresso:	< 127 dBμV
Rumore tipico:	< 10 dBμV (larghezza banda: 10 kHz; rivelatore RMS)
Errore tipico di misura:	± 25% (1dB) su tutta la gamma @ 23 ±3 °C)
Larghezze di banda IF (-6 dB):	10 kHz – 200 kHz – 1 MHz
Temperatura di funzionamento:	- 10°C ÷ + 40°C
Umidità massima:	< 90%RH

Considerazioni sui costi

La cura meticolosa posta nel ricercare le soluzioni circuitali più adatte; l’attenta valutazione dell’effettiva utilità di tutti i circuiti; l’aver preso in considerazione sin dalla fase di progetto una produzione automatizzata e infine la semplificazione di tutte le parti del ricevitore – senza peraltro comprometterne le prestazioni - hanno consentito di raggiungere risultati di assoluto rilievo sul fronte dei costi.

Una stima, tutt’altro che approssimativa, per una produzione in piccola serie del modulo ricevitore sino ad 1 GHz indica il costo dello stesso attorno ai 2.600-2.800 euro, con un risparmio di almeno il 45% rispetto a moduli ricevitori più o meno simili disponibili in commercio.

Conclusioni

Benché il progetto e la produzione di un ricevitore di misura di buone prestazioni non sia né banale né particolarmente economico, adottando un approccio pragmatico e innovativo al tempo stesso si possono ottenere risultati particolarmente significativi con sforzi e costi tutto sommato contenuti, riuscendo così nell’intento di fornire dei moduli intercambiabili particolarmente adatti ad un impiego in stazioni di misura dei campi e.m.