

# Tipologie e progettazione delle **ANTENNE INTEGRATE** per applicazioni wireless e IoT.

Ing. Francesco Zaccarini

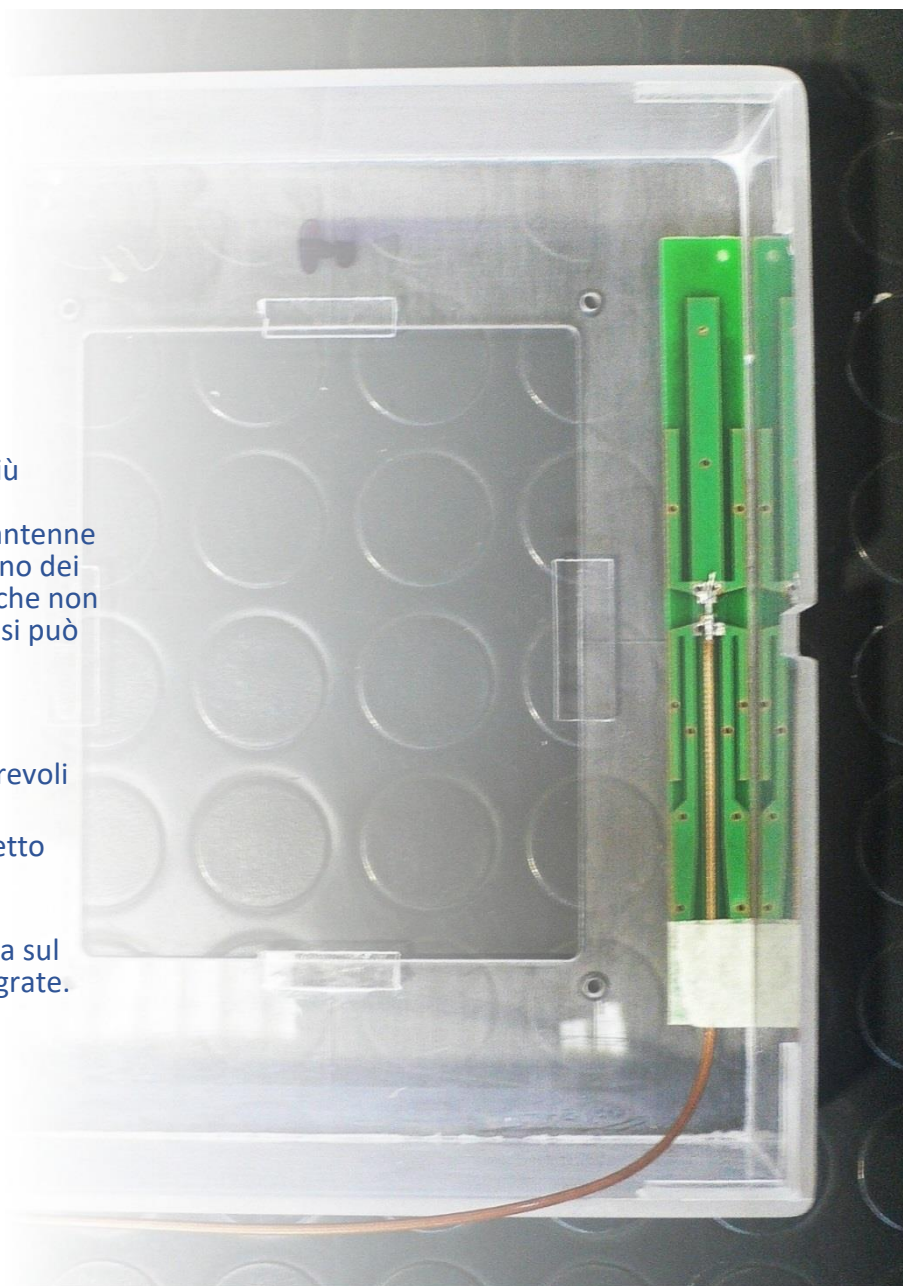
**I**n un mondo sempre più connesso, nell'era attuale dell'*Internet of Things*, le antenne integrate negli apparati sono dei piccoli prodigi tecnologici che non vediamo ma dei quali non si può più fare a meno.

Ma di fatto cosa sono?

Quali sono le tecniche di integrazione negli innumerevoli dispositivi *wireless* ?

Che differenze hanno rispetto alle antenne per così dire "normali" ?

Ecco una breve panoramica sul mondo delle antenne integrate.



## 1. Introduzione.

In questi ultimi venticinque anni la percezione e la considerazione dell'antenna è profondamente cambiata, sia per stare al passo con la tecnologia sia per soddisfare requisiti di mercato sempre più stringenti. All'inizio degli anni '90 nessuno faceva caso allo stilo che sporgeva dai primi portatili GSM (*Figura 1*), che anzi veniva considerato da tutti, costruttori ed utenti, un indispensabile vincolo tecnologico al quale non ci si sarebbe potuti sottrarre.

Adirittura possiamo dire che, agli albori del radiomobile l'antenna, oltre al telefono, rappresentava una specie di vistoso *status symbol* per i facoltosi possessori dei primi apparecchi TACS.

Col passare degli anni si è assistito alla progressiva riduzione delle dimensioni dei terminali portatili, nonché ad un aumento esponenziale delle esigenze di connettività e delle bande utilizzate.

Oggi sarebbe assolutamente impensabile proporre sul mercato uno smartphone con un'antenna esterna, anche se nella maggioranza dei casi permetterebbe un miglior funzionamento del telefono. Infatti, in tutte quelle applicazioni dove l'affidabilità della comunicazione è il requisito primario (ad esempio i telefoni satellitari, gli apparati militari o più banalmente... i router wireless ad alte prestazioni), si producono ancora apparecchi dotati di antenne esterne, a volte anche con dimensioni importanti.

Non è però questo il caso di tutta quella miriade di apparecchi di uso comune, connessi ad internet in modalità wireless, nonché di tutte quelle particolari applicazioni in cui un'antenna sporgente non risulta praticamente utilizzabile per motivi di ingombro, visibilità, stress meccanici, atti vandalici o solamente per ragioni di design o di mercato.

Anche l'evoluzione dei software di modellazione elettromagnetica ha consentito di analizzare delle configurazioni d'antenna molto diverse dalle classiche strutture radianti (dipolo, monopolo, ecc.) già note in letteratura, dando luogo ad un'integrazione sempre più spinta delle antenne in dispositivi ed apparati.

Al giorno d'oggi, quando tutti diamo per scontato l'essere connessi alla rete in qualsiasi luogo ci si trovi, anche l'antenna stessa è diventata un qualcosa di ovvio, la cui importanza, rimasta invariata sin dagli albori delle telecomunicazioni, non viene adeguatamente percepita, non solo dalla gente normale che utilizza lo smartphone, ma a volte anche da chi progetta e sviluppa un prodotto wireless e rimane più "concentrato" nella definizione di altre particolarità del prodotto, come ad esempio la parte di software.

Entriamo quindi un po' più nel dettaglio, per scoprire cosa si nasconde dietro le quinte di ogni dispositivo od apparato wireless che ogni giorno, magari distrattamente, utilizziamo e ci permette di condividere ogni nostro dato con il resto del mondo.



*Figura 1*  
L'antenna dei primi telefoni cellulari.

## 2. Definizione di *antenna integrata*.

Ciò premesso, vediamo cosa si intende per **antenna integrata**.

*Un'antenna si dice **integrata** quando viene inserita in un dispositivo od apparato ospite ed è pertanto ottimizzata in modo che possa funzionare in tali condizioni, ovvero tenendo conto della particolare applicazione per la quale il dispositivo od apparato è stato sviluppato.*

L'antenna, all'interno dell'apparato ospite, deve quindi essere elettricamente e meccanicamente compatibile con la sua parte elettronica (circuiti, batterie, cablaggi), con la sua struttura meccanica (layout e contenitore) e con la sua effettiva applicazione (modalità di installazione e di servizio).

Da un punto di vista elettromagnetico, un'antenna integrata non può essere considerata come un elemento a sé stante, dato che il *sistema radiante* vero e proprio è costituito dall'insieme antenna più apparato ospite. Come tale perciò va progettata, sviluppata e caratterizzata.

Inoltre, la compattezza degli attuali prodotti *wireless* implica che il principale vincolo di progetto sia dato dalle dimensioni meccaniche, riferite alla lunghezza d'onda  $\lambda$ , dell'apparato ospite.

Ne segue che un'antenna integrata è sempre considerata un'*antenna corta*, definita in letteratura dalla relazione di *Wheeler*:

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot a < 1 \quad [1]$$

dove con **a** si intende la massima dimensione dell'antenna, ovvero in prima approssimazione del sistema "*antenna più apparato*".

## 3. Ma...che cos'è che irradia davvero ?

Una qualsiasi antenna è costituita da un assieme di uno o più *elementi radianti*, unito ad altre parti o componenti necessari ad ottenere una implementazione meccanica di un prodotto reale con delle prestazioni elettriche ben definite. Questi altri componenti possono essere sia delle parti metalliche (riflettore, staffe, supporti, linee di alimentazione, ecc.) sia dei pezzi realizzati con materiali dielettrici (isolatori, radome, ecc.). Tutto l'insieme può essere definito un *sistema radiante*, in quanto le caratteristiche elettriche dell'antenna (sia di adattamento che di radiazione) dipendono non solo dall'elemento radiante ma da tutto questo insieme complesso, che nelle antenne cosiddette "normali" è progettato ad hoc.

Viceversa, nelle antenne integrate tutti i componenti che si trovano in prossimità dell'elemento radiante sono di solito realizzati per uno scopo diverso dall'ottimizzazione del sistema radiante, dato che si ha a che fare con un intero apparato.

Supponiamo di osservare il campo irradiato da un'antenna integrata ponendoci a grande distanza da essa. La radiazione generata dall'antenna può essere vista come prodotta da delle correnti equivalenti che giacciono sulla superficie di una sfera di raggio **a**, che contiene l'intero "*apparato+antenna*".

Se ora ripetiamo le osservazioni riducendo **a** ed escludendo i contributi alla radiazione di tutte le parti dell'apparato che rimangono esterne alla sfera, ad un certo punto si arriverà ad una dimensione della sfera **a<sub>min</sub>** oltre la quale il campo osservato sarà sostanzialmente diverso da quello

relativo alla sfera, più grande, di raggio  $\alpha$ . Potremmo anche banalmente dire che l'intero sistema non avrà più prestazioni accettabili.

La domanda quindi è: ma quanto è grande la sfera di raggio  $\alpha_{min}$  ?

Di certo in un'antenna integrata la "sfera minima" non contiene solo l'elemento radiante, ma anche altre parti che contribuiscono fattivamente alla radiazione, come ad esempio il piano di massa della PCB sulla quale l'elemento radiante è montato.

Quindi, per un'antenna integrata è quanto mai importante non confondere l'*elemento radiante* con il *sistema radiante*.

Quando si inizia il progetto di un'antenna integrata all'interno di un apparato, è quindi necessario sviluppare un sistema radiante e non solamente inserire, da qualche parte nell'apparato o sulla sua PCB, un elemento radiante. Ciò vuole anche dire che, considerando le due rispettive sfere, vale sempre:

$$\alpha_{sistema\ radiante} > \alpha_{elemento\ radiante} \quad [2]$$

Sebbene possa sembrare un discorso banale, questo concetto è basilare per chiunque si avvicini al mondo delle antenne integrate.

#### 4. Tipologie di antenne integrate.

Le [Figure 2-A](#), [2-B](#) e [2-C](#) schematizzano un circuito stampato o PCB di un apparato, sul quale supponiamo sia implementata la parte elettronica del dispositivo insieme al *chip RF* vero e proprio, in colore grigio scuro nelle immagini.

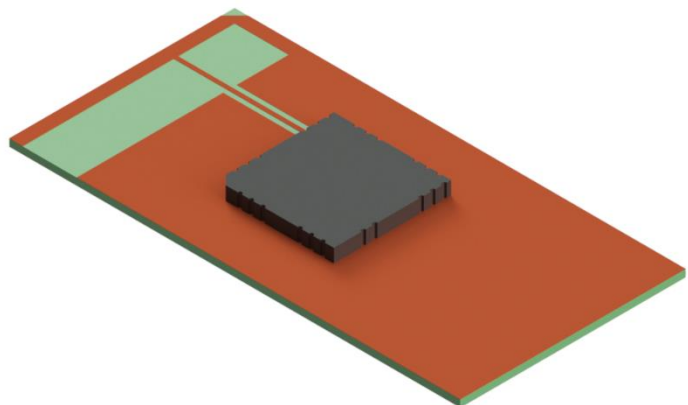
Spesso quest'ultimo è un vero e proprio modem dati che incorpora sia la parte di protocollo sia il *transceiver* radio.

In funzione delle modalità di integrazione, le tipologie di antenne integrate sono essenzialmente tre, di seguito descritte.

##### **Antenna integrata su PCB (Fig. 2-A):**

L'antenna fa parte dello stesso circuito stampato della scheda elettronica e viene alimentata mediante una microstriscia a  $50\Omega$  che la collega al *pad* d'ingresso/uscita RF del modulo radio. Nel caso fosse necessario adattare l'elemento radiante, si prevede una rete di componenti discreti in SMD.

Nello schema in figura, come esempio è rappresentato un elemento radiante *IFA (Inverted F Antenna)*, ricavato su di una porzione di circuito stampato che utilizza lo stesso *layer* dell'intera PCB come piano di massa.



**Figura 2-A**  
Elemento radiante integrato su PCB.

**Antenna saldata sulla PCB (Fig. 2-B):**

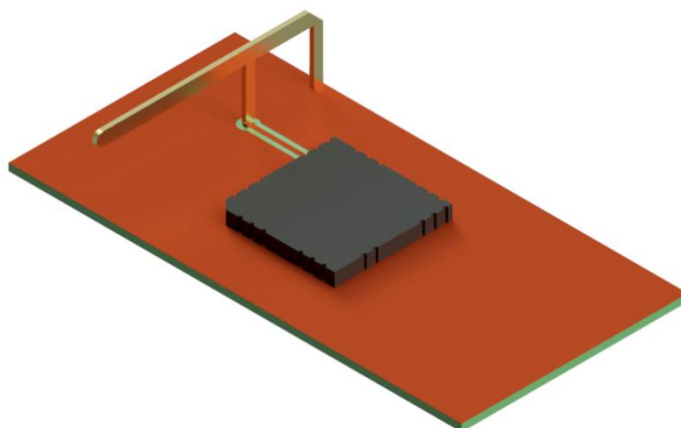
In questo caso l'elemento radiante viene saldato sulla PCB come fosse un normale componente SMD. In corrispondenza del punto di alimentazione viene predisposto un *pad* di saldatura, sul quale termina la microstriscia che collega l'antenna alla porta radio del *chip RF*.

Nell'esempio illustrato si tratta ancora di un elemento *IFA* realizzato in lamierino metallico, che per funzionare correttamente utilizza ancora il *layer* di massa della PCB. In questa categoria è possibile includere la vasta famiglia delle antenne a *chip* SMD, nonché le antenne integrate dei moderni smartphone, che spesso utilizzano degli elementi strutturali del telefonino come elementi radianti veri e propri (ad esempio la cornice metallica). Anche in questo caso, in corrispondenza della microstriscia di alimentazione, viene integrata una rete di adattamento realizzata mediante componenti SMD.

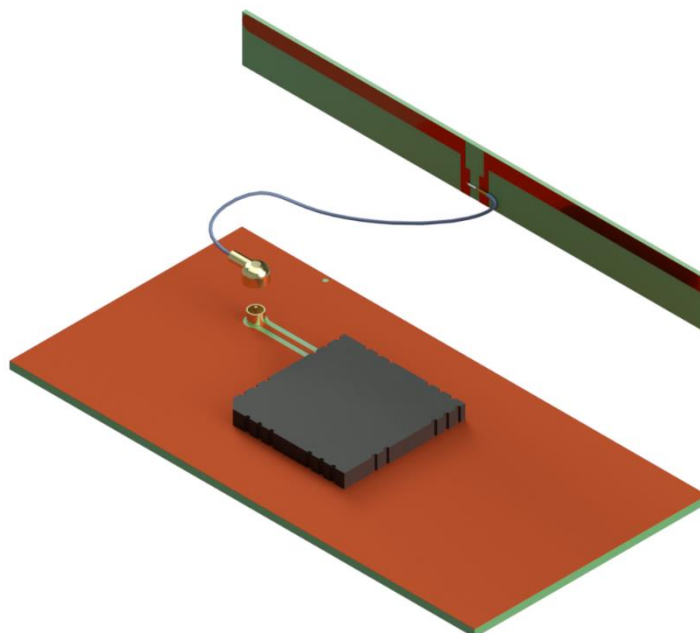
**Antenna separata dalla PCB (Fig. 2-C):**

Qui l'antenna è totalmente separata dalla PCB e connessa a quest'ultima mediante un corto cavetto coassiale intestato mediante un connettore miniaturizzato, in genere di tipo *U.FL* o *MMCX plug*. Sul circuito stampato, in corrispondenza della microstriscia d'ingresso al *chip RF*, viene previsto un connettore SMD compatibile.

L'antenna, già adattata ai  $50\Omega$  della impedenza caratteristica del cavo, trova posto all'interno del contenitore e può essere di tipo simmetrico/bilanciato oppure può sfruttare un piano di massa ad hoc, esterno alla PCB stessa.



**Figura 2-B**  
Elemento radiante saldato su PCB.



**Figura 2-C**  
Elemento radiante separato dalla PCB.

## 5. Antenne integrate di commercio o progettate su misura?

Partiamo ora da quanto esposto nel paragrafo 2, dove in sostanza è stato detto che un solo elemento radiante (ed il suo relativo ingombro) non bastano ad ottenere un'antenna integrata efficiente. Nella stragrande maggioranza degli attuali apparati wireless, le dimensioni meccaniche rappresentano un vincolo non trascurabile nella realizzazione di un'antenna integrata performante, e questo vincolo diventa la sfida principale di ogni progettista.

Vi sono a commercio delle antenne integrate (che sarebbe più corretto chiamare *elementi radianti*) con ingombri molto ridotti e che possono essere montate su di una PCB alla stregua di un qualsiasi altro componente a saldare con tecnologia SMD, che prevede pure la possibilità di un montaggio automatizzato.

Nell'impiego di tali antenne (ovvero *elementi radianti*) è tuttavia importante tener presente che le loro specifiche elettriche sono riferite ad un ben preciso *sistema radiante*, definito ad hoc dal loro costruttore, consistente nell'elemento radiante vero e proprio montato su di una cosiddetta *evaluation board*. L'*evaluation board* è caratterizzata da dimensioni meccaniche piuttosto generose rispetto all'elemento SMD, in genere dell'ordine di  $\lambda/4$ , ed è solo rispetto a questa *fixture* che le specifiche elettriche dichiarate dal costruttore sono state caratterizzate e possono ritenersi valide.

Risulta quindi chiaro come diventi fondamentale la verifica di quanto le dimensioni della *evaluation board* riescano ad avvicinarsi a quelle realmente a disposizione nel dispositivo che si è realizzato. Se questi valori non sono sufficientemente vicini, ci troviamo di fronte a due possibili scenari: primo, le prestazioni dell'apparato non sono all'altezza delle aspettative e si rischia quindi di non garantire le funzionalità previste e/o di non superare le necessarie prove di certificazione; secondo, le dimensioni dell'intero apparato devono essere riviste così da riservare all'antenna il giusto spazio e garantire le specifiche promesse.

Risulta quindi utile avere a disposizione una soluzione alternativa, che ci permetta di ottenere le prestazioni necessarie senza dover sconvolgere la meccanica e le dimensioni dell'intero dispositivo. Questa possibilità ci viene data dalla progettazione di un'*Antenna Su Misura*. Inoltre, se questa attività viene svolta in contemporanea allo sviluppo delle altre parti dell'apparato, si può tenere conto di *altre specifiche* di progetto da non sottovalutare, come ad esempio il costo dell'antenna in produzione e la semplificazione della sua integrazione nel dispositivo, in previsione della successiva fase di montaggio.

E' pertanto consigliabile, almeno in fase di valutazione preliminare, considerare sempre il rapporto costi/vantaggi di un'attività di sviluppo di questo tipo.

In ultimo ma non meno importante, non dimentichiamo che affidarsi ad un fornitore esterno per l'approvvigionamento di un componente particolare comporta sempre una certa dose di rischio, legata ad una eventuale uscita di produzione dell'antenna a chip scelta, eventualità chiaramente esclusa dalla realizzazione della propria *Antenna Su Misura*, che diventa essa stessa una risorsa esclusiva del Cliente, al pari dell'intero apparato proprietario che la contiene.

Nel caso in cui si opti per l'utilizzo di un elemento radiante a chip già reperibile presso un determinato costruttore, è importante conoscere la disponibilità di quest'ultimo a poter valutare le prestazioni elettriche dell'elemento radiante sulla particolare *board* di proprietà del Cliente ed a fornire supporto e consulenza all'ottimizzazione dell'intero sistema radiante integrato.

## 6. Conclusioni.

In questo documento abbiamo passato in rassegna gli aspetti principali che caratterizzano le antenne integrate.

In un'antenna integrata le caratteristiche elettriche non dipendono dal solo *elemento radiante* ma da tutte le cosiddette condizioni al contorno introdotte dall'apparato ospite: tutto questo insieme deve diventare un *sistema radiante* il più efficiente possibile, compatibilmente con tutti i vincoli meccanici esistenti.

Nella maggioranza dei casi, ogni progetto che richiede l'integrazione di un'antenna rappresenta un problema elettromagnetico singolare, indipendentemente dal tipo di elemento radiante scelto.

Al fine di ottenere un sistema radiante ottimizzato, è importante poter disporre di un certo numero di gradi di libertà così da definire la migliore antenna possibile per un certo prodotto wireless.

Per qualsiasi esigenza e/o necessità siamo a tua disposizione all'indirizzo:

[sales@elettromagneticservices.com](mailto:sales@elettromagneticservices.com)

*Grazie per il tempo che hai dedicato alla lettura di questo articolo. Se vuoi leggerne altri, trovi l'elenco completo qui:*

<https://www.elettromagneticservices.com/news>

*ElettroMagnetic Services*  
SRL  
*Trasmetti la tua eccellenza!*