

# Identificazione a radiofrequenza

Altamente versatile, la tecnologia Rfid si presta a soluzioni di raccolta dati che vanno dal semplice rilevamento di presenza al trasferimento di informazioni complesse

MASSIMO GIUSSANI

L'identificazione a radiofrequenza è una tecnologia estremamente versatile che trova applicazione nei campi più disparati. La tracciabilità di oggetti, animali e persone può essere sfruttata nei sistemi di sicurezza e controllo degli accessi in ambito militare e industriale, nella gestione dei dati logistici e di produzione nelle imprese, come deterrente antitaccheggio negli esercizi commerciali, come meccanismo di pagamento automatico di pedaggi e biglietti per trasporti pubblici e, non ultimo, per

la ricerca scientifica. Gli elementi caratteristici di un tipico sistema di identificazione Rfid sono essenzialmente quattro: il tag (una targhetta o etichetta che viene affissa, incorporata o impiantata nel soggetto da tracciare), il collegamento a radiofrequenza, il lettore che comunica con il tag (spesso alimentandolo) per mezzo di campi elettromagnetici a radiofrequenza e il sistema di elaborazione e immagazzinamento delle informazioni raccolte. Nella sua forma più semplice l'informazione trasferita può essere la mera presenza del tag; nei casi più complessi si possono trasmettere intere pagine di dati,

memorizzati ed eventualmente raccolti dal tag stesso. Concentreremo qui la nostra attenzione sul tag, che è sostanzialmente un transponder, e sul meccanismo di trasferimento di energia e informazioni da e verso il lettore.

## Tag per ogni gusto

Il circuito integrato contenuto nel tag è generalmente dotato di una memoria di dimensione variabile, da pochi a centinaia di kb o più. Le memorie possono essere di vario tipo a seconda delle necessità dell'applicazione cui sono rivolte: possono essere di sola lettura, scrivibili una sola volta (Worm, cioè Write Once Read Many) o più volte (tipicamente Eeprom e RAM). I dati

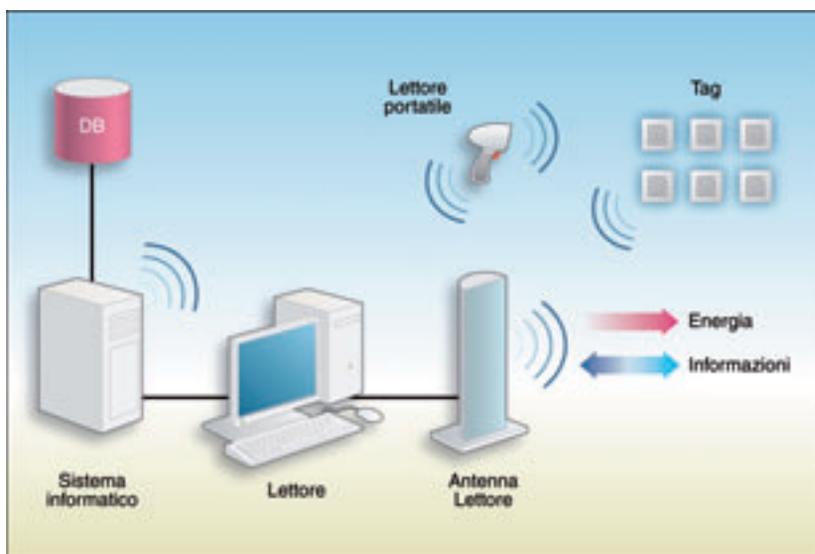


Figura 1 - I componenti essenziali di un sistema Rfid sono un tag identificativo, un lettore e un sistema di elaborazione delle informazioni

memorizzati possono variare da un semplice identificativo per mezzo di numero seriale a informazioni dettagliate sul prodotto o sul soggetto cui il tag è associato e sugli spostamenti o sulle modifiche cui è andato incontro. I sistemi più avanzati, come le Smart Card o i passaporti elettronici, possono implementare processori matematici per svolgere in tempo reale le funzioni di codifica e decodifica dei dati atte a ostacolare l'accesso non autorizzato.

Le antenne sono generalmente la parte più ingombrante del dispositivo di tracciamento e possono essere di diverso tipo a seconda del tipo di accoppiamento utilizzato: le più comuni sono le spire per accoppiamento induttivo, i dipoli per accoppiamento radiativo e le antenne conduttive per l'accoppiamento con il campo elettrico. Una tipologia comunemente adottata per le spire in accoppiamento induttivo è la spirale planare: questo tipo di 'antenna' può essere realizzato con un sottile film di alluminio e tecniche di stampa litografica per essere incorporata in maniera quasi invisibile all'interno di etichette adesive 'intelligenti' (le cosiddette 'smart label'). La planarità del dispositivo non è tuttavia totale, dato che per chiudere la spirale è necessario intersecare il percorso; questo richiede la deposizione di uno strato isolante intermedio che va a incidere sui

costi di produzione. Le antenne a dipolo non presentano questo tipo di complicazione costruttiva e risultano pertanto più economiche da fabbricare, oltre che più compatte. Il supporto che ospita antenna e circuito integrato può essere di vario tipo, cartaceo, metallico, vetroso o plastico. I progressi della tecnologia organica hanno permesso la realizzazione di tag su pellicola plastica deformabile che si prestano alla produzione in grandi volumi e a basso costo.

### Attivi, semiattivi e passivi

Il tag è sostanzialmente un transponder in miniatura costituito da un'antenna, un circuito integrato per la gestione della potenza e informazioni, una memoria ed eventualmente una batteria. A seconda della modalità di funzionamento può essere di tre tipi, attivo, semiattivo o passivo.

I tag attivi sono dotati di una batteria che provvede ad alimentare l'integrato e il circuito di comunicazione. Sebbene caratterizzati da un costo superiore e da un tempo di vita limitato dalla durata della batteria, i tag attivi sono in grado di offrire una maggiore affidabilità e possono essere impiegati per memorizzare e gestire informazioni complesse, permettono inoltre di utilizzare un trasmettitore più efficiente per coprire distanze maggiori.

I tag semiattivi utilizzano la batteria solo per l'alimentazione dell'integrato e in particolare per l'espletamento di funzioni ausiliarie, come la raccolta di informazioni da parte di sensori e la conservazione della memoria.

Il circuito di comunicazione viene invece attivato dall'energia ricevuta dal lettore, in maniera del tutto analoga ai transponder passivi. Il vantaggio di questo approccio ibrido è duplice: da un lato serve meno energia con conseguente maggior sensibilità del ricevitore rispetto alla soluzione attiva, dall'altro non è necessario perdere tempo per 'svegliare' il transponder che presenta quindi tempi di risposta

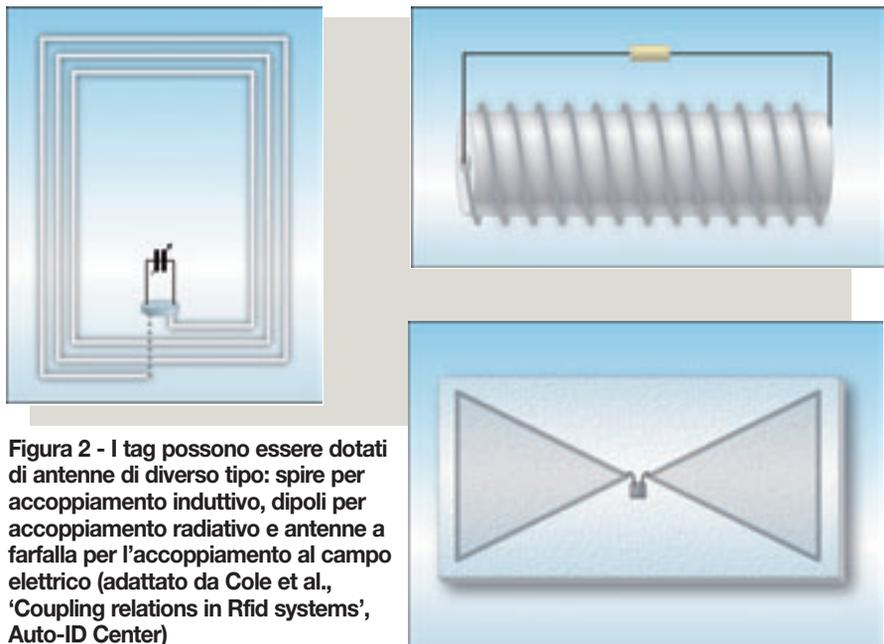


Figura 2 - I tag possono essere dotati di antenne di diverso tipo: spire per accoppiamento induttivo, dipoli per accoppiamento radiativo e antenne a farfalla per l'accoppiamento al campo elettrico (adattato da Cole et al., 'Coupling relations in Rfid systems', Auto-ID Center)

più rapidi di quelli dei tag puramente passivi. Questi ultimi possono essere considerati i transponder per antonomasia, in quanto completamente alimentati dal campo elettromagnetico del lettore.

### Accoppiamento induttivo o radiativo

Esistono sostanzialmente due modi per trasferire energia e informazioni complesse tra lettore e tag: per accoppiamento induttivo e per radiazione. Nel primo caso le dimensioni del circuito formato da lettore e transponder sono ben al di sotto della lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica impiegata. Il principio di funzionamento è quello sfruttato nel trasferimento di energia tra gli avvolgimenti di un trasformatore in aria: la variazione temporale della corrente nella bobina del lettore produce un flusso magnetico che, intercettato dalla bobina del tag, induce una forza elettromotrice ai suoi capi.

A frequenze basse o medio alte gli avvolgimenti di questo particolare trasformatore possono essere facilmente realizzati in due modi: avvolgendo fisicamente un conduttore attorno a un nucleo di ferrite, con il risultato di una maggior compattezza, oppure ricorrendo a una tecnica litografica che sacrifica la maggior dimensione del dispositivo al minor numero di spire e a un costo più contenuto. Gran parte dello spazio occupato da un tag è di pertinenza dell'antenna che può arrivare a estendersi su un'area di diver-

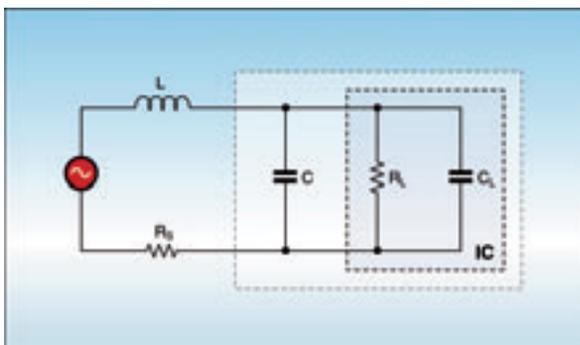


Figura 3 - Circuito equivalente di un transponder Rfid



si cm<sup>2</sup>, occupando uno spazio maggiore decine se non centinaia di volte quello dell'integrato. Dato che la potenza trasferita in campo vicino decresce molto rapidamente (va come il reciproco della sesta potenza della distanza), le trasmissioni che si basano sull'accoppiamento induttivo comportano una forte limitazione delle distanze operative del sistema di identificazione. Un sistema a 13,56 MHz è generalmente in grado di riconoscere in maniera corretta i tag posti entro la distanza massima di un metro. Questo può essere più che sufficiente per applicazioni di limitazione dell'accesso, di inventario e di gestione della catena di fornitura, ove sia possibile imporre il transito della merce attraverso opportuni cancelli di lettura.

Per garantire distanze di funzionamento maggiori si utilizza un meccanismo di trasmissione per onde radio vere e proprie che richiede di norma un trasmettitore e un'antenna a dipolo o sue varianti.

### Energia senza fili

Per distinguere il segnale inviato dal lettore da altri segnali spuri, il transponder incorpora un circuito risonante di tipo LC che ha lo scopo di massimizzare il trasferimento di energia in corrispondenza di una ben precisa frequenza. Un circuito di raddrizzamento estrae una tensione continua dal segnale a radiofrequenza ricevuto e la usa per alimentare le rimanenti parti del circuito. È anche possibile estrarre dal campo elettromagnetico prodotto dal lettore i segnali di sincronizzazione da impiegare come clock di sistema.

Lo schema di un tipico transponder è illustrato in figura 3: il generatore rappresenta il segnale a radiofrequenza prove-

niente dal lettore, L e C sono gli elementi del circuito risonante, mentre  $R_L$  e  $C_L$  sono, rispettivamente, la resistenza e la capacità equivalente del circuito integrato. La resistenza serie  $R_s$  riassume in sé le perdite resistive del circuito risonante, incluse quelle derivanti dalla localizzazione per effetto pelle dei portatori di carica sulla superficie dei conduttori.

I tag passivi possono fare a meno di un trasmettitore nel senso tradizionale del termine, utilizzando invece un mec-

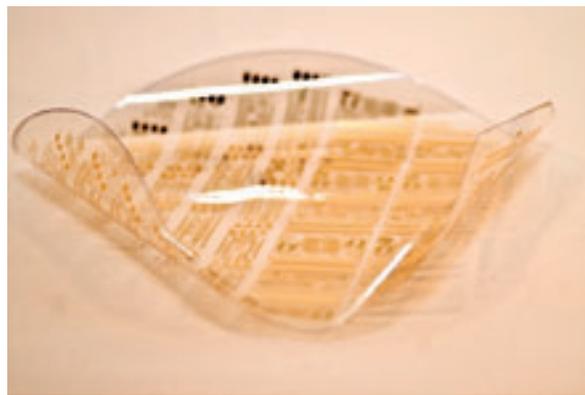


Figura 4 e 5 - Transponder a 64 bit che integra 400 transistor in pentacene a film sottile messo a punto nei centri di ricerca Imec e TNO (fonte: Imec)

canismo di 'backscattering' per perturbare il segnale inviato dal lettore e inserirvi le informazioni da comunicare. Con riferimento al circuito equivalente di figura, se si varia in maniera periodica il valore della resistenza di carico  $R_L$ , si cambia la frequenza di risonanza del circuito risonante, con conseguente alterazione dell'assorbimento di potenza del segnale generato dal lettore. Questo assorbimento può essere percepito come una variazione della tensione ai capi della bobina del lettore per la mutata impedenza d'antenna ed essere quindi filtrato per estrarre le informazioni sulla modulazione operata dal tag. La modulazione del carico comporta la creazione di due bande laterali rispetto alla frequenza portante del segnale RF. Per rendere più efficiente la trasmissione del segnale può essere impiegata una portante ausiliaria congiuntamente a un meccanismo di codifica e di compressione dei dati.

### A ciascuno la sua frequenza

In generale, le frequenze di funzionamento di un sistema Rfid si suddividono in quattro categorie (basse, medie, alte e microonde) e il loro impiego è regolamentato da normative differenti di paese in paese. I valori più comuni di frequenza sono riassunti nella tabella 1 sottostante.

I tag a bassa frequenza utilizzano una potenza ridotta, sono in grado di attraversare materiali non metallici e liquidi, ma in genere non permettono di coprire distanze di lettura superiori ai 30-40 cm. Le etichette ad alta frequenza lavorano meglio con oggetti metallici e arrivano a coprire una distanza di circa 1 m. Le altissime frequenze offrono range di lettura più ampi e permettono di trasferire i dati veloce-

mente, ma non attraversano facilmente i materiali. Le soluzioni con tag a 2,45 GHz sono impiegate nei telepass, interporti e simili.

Le frequenze più basse non sono attenuate dalla presenza di ostacoli ad alto contenuto di acqua (in particolare gli esseri umani) come invece succede per le microonde. Sono tuttavia caratterizzate da una limitata velocità di trasmissione: nel caso del collegamento di tipo induttivo a 13,56 MHz le informazioni da e verso il tag possono arrivare a circa 25

CB, i giocattoli radiocomandati e i sensori di prossimità per l'apertura automatica delle porte) il fatto di non richiedere licenze la rende appetibile anche agli utilizzatori industriali per la gestione di magazzino e il tracciamento della produzione.

Le frequenze più alte, dall'UHF alle microonde, richiedono opportune licenze e possono essere utilizzate per realizzare sistemi a onde radio in grado di coprire distanze di oltre 500 m con tag in movimento relativo rispetto al letto-

	Intervallo di frequenza	Frequenza di uso comune	Distanza massima lettore-tag
<b>LF</b>	30 kHz – 300 kHz	< 135 kHz	decine di cm
<b>HF</b>	3 MHz – 300 MHz	6,78 – 13,56 – 27, 125 – 40,68 MHz	pochi m
<b>UHF</b>	300 MHz – 2,4 GHz	433 – 869 – 915 MHz	≈ 10 m
<b>Microonde</b>	oltre 2,4 GHz	2,45 – 5,8 – 24,125 GHz	> 10 m

**Tabella 1 - Classificazione dei sistemi Rfid per intervallo di frequenza di trasmissione**

Kbps, una velocità comunque più che sufficiente per leggere le informazioni essenziali di decine di tag in pochi ms. Sebbene questa particolare frequenza sia utilizzata anche da altre apparecchiature di tipo consumer (come le radio

re a velocità di oltre 200 km/h. Tra la possibili applicazioni si possono citare i sistemi di pedaggio autostradale, per il controllo del traffico ferroviario e per il tracciamento delle merci nei container nei grandi scali commerciali. ■

FOOD  
BEVERAGE  
PHARMACEUTICAL  
**PERSONAL CARE**  
HOME CARE  
TISSUE AND PAPER  
DAIRY  
TOBACCO  
OTHER

www.elau.it

Purtroppo non la conosciamo... e nemmeno sappiamo quali prodotti per il corpo usi.  
**Conosciamo invece perfettamente come riempire il flacone della sua crema in modo veloce e preciso.**

ELAU. Gli specialisti del packaging di Schneider Electric

